

UNIVERSITÉ D'Auvergne – CLERMONT I
THESE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE D'Auvergne

Présentée et soutenue publiquement

Par

Marie Georgelin-Gurgel

Le 11 Juin 2012

**LIMITER LES RISQUES D'ÉCHECS DU TRAITEMENT ENDODONTIQUE AU
CHU DE TOULOUSE**

Directeur de thèse : Pr Martine HENNEQUIN

JURY :

Pr Etienne Deveaux	Université de Lille	Rapporteur
Pr Fabienne Perez	Université de Rennes	Rapporteur
Pr Martine Hennequin	Université d'Auvergne	Directeur
Pr Lucas van der Sluis	Université de Toulouse	Assesseur
Dr Yann-Loïg Turpin	Université d'Auvergne	Assesseur

UNIVERSITÉ D'Auvergne – CLERMONT I
THESE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE D'Auvergne

Présentée et soutenue publiquement

Par

Marie Georgelin-Gurgel

Le 11 Juin 2012

**LIMITER LES RISQUES D'ÉCHECS DU TRAITEMENT ENDODONTIQUE AU
CHU DE TOULOUSE**

Directeur de thèse : Pr Martine HENNEQUIN

JURY :

Pr Etienne Deveaux	Université de Lille
Pr Fabienne Perez	Université de Rennes
Pr Martine Hennequin	Université d'Auvergne
Pr Lucas van der Sluis	Université de Toulouse
Dr Yann-Loïc Turpin	Université d'Auvergne

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier mon directeur de thèse Madame le Professeur Martine Hennequin et son équipe du laboratoire EA 3847 de l'Université d'Auvergne pour leur dynamisme, leur compétence et leur disponibilité.

Je souhaite également remercier les rapporteurs Madame le Professeur Fabienne Perez et Monsieur le Professeur Etienne Deveaux qui ont accepté de corriger ce travail.

Je remercie mes collègues et amis pour leurs encouragements et leur aide précieuse.

Enfin, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à ma famille pour son soutien indéfectible.

SOMMAIRE

I. Introduction.....	4
II. Limiter les risques d'échec.....	6
II.1.Les risques d'échecs liés au patient.	6
II.1.2. Les risques d'échecs en rapport avec l'état général.....	6
II.1.2.1. Echecs et Coopération.....	6
II.1.2.2. Echecs et déficience de l'immunité.	10
II.1.2.3. Echecs et pathologies cardiovasculaires.....	12
II.1.3. Les risques d'échecs en rapport avec les conditions physiologiques et anatomiques bucco-dentaires.	13
II.1.3.1. Accessibilité.....	13
II.1.3.2. La dent et son environnement.	15
II.1.3.2.1. Environnement buccal.....	15
II.1.3.2.2. La dent.....	15
II.1.3.2.2.1. Risques d'échecs liés à la position de la dent.....	15
II.1.3.2.2.2. Risques d'échecs liés à l'anatomie dentaire	16
II.1.3.2.2.3. La pulpe.....	19
II.2. Les risques d'échecs liés à l'opérateur.....	21
II.2.2. Les opérateurs novices.	21
II.2.3. Les opérateurs expérimentés et experts.....	28
II.3. Les risques d'échecs liés à l'acte.....	36
II.3.1. Respect des procédures.....	36
II.3.2. Précision du diagnostic.....	36
III.3.3. Complications per-opératoires.....	37
III.3.3.1. Perforations	37

III.3.3.2. Etanchéité et perméabilité	40
III. Conclusion.	44
IV. Références	46
V. Tableaux des publications relatives au doctorat	59
V.1. Publications internationales.	59
V.2. Publications nationales.	59
VI. Annexes	60

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Classification de Oelhers des Dens Invaginatus.....	17
Tableau 2 : Données sur les erreurs de procédure réalisées au cours d'un traitement endodontique par les étudiants de différents pays.....	22
Tableau 3 : Critères descriptifs relevés dans les dossiers patients.....	30
Tableau 4 : Répartition en pourcentage du type de dents pour lesquelles les patients sont adressés à la consultation hospitalière d'Endodontie.....	31
Tableau 5 : Répartition des actes selon l'activité des prescripteurs.....	32
Tableau 6 : Déplacements quantitatifs moyens du centre de gravité du canal après évasement sans appui pariétal (F1,Q1) et coronaire avec (F2, Q2) F : Endoflare® - Q : Quantec Flare LX ®	39

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Courbes des variations de la moyenne de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle systolique (\pm SD), en fonction des temps opératoires T1 à T6, entre les patients des 2 groupes : chirurgical et non chirurgical.....	9
Figure 2 : Proposition d'arbre décisionnel du traitement endodontique non chirurgical en présence d'une ouverture buccale limitée.....	14
Figure 3 : Répartition des évènements indésirables par canal en fonction des groupes.....	27
Figure 4 : Ovalisation du foramen apical d'un canal palatin : zipping (MO,X 1,6).....	27
Figure 5 : Répartition en pourcentage des actes endodontiques effectués.....	33
Figure 6 : Coupes transversales radiculaires et superposition des surfaces canalaires avant et après le passage de l'Endoflare®	39
Figure 7 : Coupes transversales radiculaires et superposition des surfaces canalaires avant et après le passage avec appui pariétal de l'Endoflare®	39
Figure 8 : Pénétration tubulaire médiane du ciment en fonction du tiers concerné (en μ m).....	43

I. INTRODUCTION.

Les notions qui sont associées au risque d'échec et de bénéfice apporté au patient par un traitement permettent d'établir un pronostic en fonction duquel seront prises les décisions thérapeutiques. Le pronostic d'un traitement doit tenir compte du patient, au travers de son état local et général, de la difficulté de réalisation de l'acte et de la compétence du praticien qui doit le réaliser. Dans le domaine de l'endodontie, le rapport bénéfice/risque est rarement considéré lors de l'indication du traitement endodontique, les notions de succès et d'échec sont plus généralement évoquées.

Il existe peu de documents synthétiques traitant des notions du risque d'échec en endodontie. L'échec endodontique, au travers des complications loco-régionales qu'il peut occasionner, mais aussi de la nécessité de réaliser une nouvelle thérapeutique, a des conséquences sur la qualité de vie des patients. Le succès et l'échec du traitement endodontique peuvent être envisagés selon différents points de vue. A long terme, le succès peut être défini par le maintien de la dent sur l'arcade dans un environnement périapical sain en l'absence de symptomatologie. L'échec du traitement endodontique correspond, dans ce cadre, à une dégradation de l'état périapical de la dent, accompagnée ou non de signes cliniques. L'échec thérapeutique est donc établi non seulement lorsqu'une Lésion Périapicale Inflammatoire d'Origine Endodontique (LIPOE) apparaît, mais aussi lorsqu'elle persiste ou s'accroît, dans les cas où sa présence était antérieure au traitement. La prévalence de la LIPOE varie énormément selon les populations concernées et l'accès aux soins. En France, le taux de prévalence de la LIPOE est d'environ de 7% (1, 2). La prévalence de LIPOE associée à un traitement endodontique varie de 52,2% à 61% en Europe (3), et de façon moindre en France, avec des résultats avoisinant 30% (1, 2).

Dans le cadre du Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Toulouse, le traitement endodontique peut être réalisé dans des contextes très différents qui peuvent conditionner les risques d'échecs. D'une part, les patients reçus au CHU sont pour une grande partie référés depuis la ville ou d'autres services hospitaliers parce qu'ils présentent un état de santé dégradé et que leur prise en charge doit être sécurisée. L'état général de ces patients peut donc avoir des conséquences directes ou indirectes sur la dynamique de la LIPOE. D'autre part, le CHU de Toulouse est engagé dans l'enseignement universitaire et post universitaire en odontologie. A ce titre, les soins d'endodontie peuvent être réalisés par différents opérateurs : les externes en formation initiale, les Chirurgiens dentistes inscrits au Diplôme Inter-Universitaire d'Endodontie et les praticiens hospitaliers exerçant dans le

domaine exclusif de l'endodontie. Le niveau de compétence de chacun des intervenants peut faire varier l'incidence d'apparition, de persistance ou d'accroissement d'une LIPOE. Il est donc nécessaire de maîtriser les facteurs de risque d'échecs pour les patients qui sont référés pour un traitement endodontique au CHU de Toulouse.

Le traitement endodontique en lui-même, est associé à un rapport bénéfice-risque vis à vis de la présence d'une LIPOE. Pour une dent nécrosée ou infectée, le traitement, s'il n'est pas contre-indiqué apportera un bénéfice certain, supérieur au risque d'apparition d'une LIPOE. En effet, l'abstention thérapeutique dans ces circonstances cliniques de nécrose et d'infection canalaire, conduit systématiquement à l'extension de l'infection vers le periapex de la dent concernée. A l'inverse, pour une dent saine, dont le traitement endocanalaire est indiqué pour des raisons prothétiques, le risque de voir apparaître une LIPOE existe sans bénéfice pour la dent non pathologique. Dans ce contexte, le bénéfice apporté au patient par une réhabilitation globale doit justifier la prise de risque.

L'identification des facteurs concourants à une dégradation de l'état périapical de la dent traitée endodontiquement et la mise en place de solutions préventives à leurs apparitions permet de limiter le risque d'échecs du traitement endodontique. La maîtrise du risque d'échec du traitement endodontique, faite dans l'intérêt du patient s'inscrit pleinement dans la démarche qualité de la certification hospitalière.

Ce travail a pour objectif de décrire les risques d'apparition, de persistance et d'aggravation de la lésion périapicale d'origine endodontique et de proposer des moyens préventifs pour en limiter l'incidence dans le cadre du service d'Odontologie du CHU de Toulouse. Les risques d'échecs seront traités en fonction du patient, de l'opérateur puis de l'acte.

II. LIMITER LES RISQUES D'ECHEC.

II.1. LES RISQUES D'ECHECS LIES AU PATIENT.

Dans les services hospitaliers d'odontologie, une grande attention est portée à la première consultation. Cet entretien détaillé apporte des précisions sur le motif de consultation, et sur l'état général des patients. L'analyse de cette consultation permet de déterminer d'éventuelles contre-indications à la réalisation de soins endodontiques et de préciser si des modalités de prises en charge spécifiques sont nécessaires. L'anamnèse, l'examen clinique et les examens complémentaires permettent d'orienter le diagnostic pulpaire et périapical et soulignent les difficultés de mise en œuvre des procédures thérapeutiques. Les informations obtenues permettent donc d'identifier les risques d'échecs potentiels des actes thérapeutiques. La Lésion Inflammatoire Périapicale d'Origine Endodontique (LIPOE) est la conséquence de la réaction de l'immunité face à l'agression des bactéries et de leurs endotoxines présentes dans l'endodonte. Le risque de voir apparaître, se maintenir ou s'accroître une LIPOE peut être lié à un problème général et/ou à un problème local.

II.1.2. LES RISQUES D'ECHECS EN RAPPORT AVEC L'ETAT GENERAL.

La recherche d'une relation existant entre l'état général et les processus inflammatoires chroniques d'origine infectieuse comme la LIPOE est l'une des thématiques les plus étudiées par dans le mode médical et odontologique aujourd'hui (4). De nombreuses études sur le sujet associent mauvais état bucco-dentaire et état général dégradé et font ainsi apparaître les notions de cumul des risques (comorbidité) et de non-observance des soins de certains patients porteurs de pathologies acquises. On retrouve ainsi de nombreuses études relatives aux conséquences de la LIPOE sur l'état général (5-10), mais peu sont consacrées à l'impact de l'état général sur la LIPOE. Les études recensées sont cependant unanimes sur l'absence d'influence de l'âge et du sexe des patients sur la cicatrisation périapicale (11).

II.1.2.1. Echecs et Coopération.

Les patients qui présentent des troubles cognitifs, des troubles moteurs ou un état d'anxiété dans le contexte du soin dentaire présentent à l'âge adulte un état bucco-dentaire dégradé avec un plus grand nombre de pathologies dentaires et à des stades plus évolués (12). Ce constat laisse supposer que ces personnes auront des besoins en soins endodontiques plus importants. Une prise en charge sédative spécifique doit être proposée

à ces patients. Il pourra s'agir de sédation consciente : sédation orale, Mélange Equimolaire Oxygène Protoxyde d'Azote (MEOPA), Hypnovel en intraveineuse ou d'anesthésie générale. Dans ces conditions la réalisation des procédures endodontiques est plus complexe et implique des adaptations en terme de nombre de séances, ou de procédures. Il n'existe pas de référence évaluant les traitements endodontiques réalisés sous sédation consciente. Par contre, Alsaleh et coll. (13) montrent que la qualité radiographique des traitements endodontiques réalisés sous anesthésie générale par un praticien expérimenté est superposable à celle des traitements réalisés sous anesthésie locale par des étudiants sous supervision. Il n'existe pas d'étude portant sur le succès ou l'échec du traitement endodontique pour ces modalités particulières de prise en charge.

Le CHU de Toulouse offre une amélioration de la prise en charge Odontologique des patients présentant un handicap ou une phobie vis-à-vis des soins dentaires. Cependant, aucune considération n'est faite aujourd'hui à l'égard du stress ressenti des patients. Et malgré toute l'attention du praticien portée sur le confort et l'anesthésie des patients, une grande partie de la population considère les soins dentaires comme les plus stressants des soins médicaux (14). L'apparition du stress déclenche une cascade de réactions neurologiques et hormonales modifiant le contexte inflammatoire et immunologique. Aussi, il a été montré que le stress peut affecter, directement, le succès de l'analgésie locale (15) et, indirectement, le processus de cicatrisation tissulaire et une augmentation des douleurs postopératoires (16). Les patients, en situation d'échec thérapeutique, de douleur ou d'infection à répétition sont donc exposés à une situation de stress qui peut engager l'échec du traitement endodontique par l'éventuelle persistance de la LIPOE.

Une étude clinique visant à déterminer le stress induit par ces traitements a été menée au sein du CHU de Toulouse (17), pour répondre à la spécificité d'endodontie, réputée comme une des disciplines la plus génératrice de stress et pour différencier le traitement chirurgical du non-chirurgical. L'objectif principal de cette étude est de mesurer les manifestations psychologiques et physiologiques du stress au cours d'actes endodontiques et de comparer leur survenue pour les actes endodontiques chirurgicaux ou non chirurgicaux.

Matériels et méthodes : Soixante patients sans pathologie générale et devant recevoir un traitement endodontique chirurgical (n=30) ou non chirurgical (n=30) avaient consenti à participer à cette étude observationnelle. Tous les traitements étaient effectués sous anesthésie locale (chlorhydrate d'articaine à 4%, adrénalinée à 1/200000). Les indicateurs physiologiques du stress choisis étaient la fréquence cardiaque (FC) et la pression artérielle

systolique (PAS) et diastolique (PAD) mesurés avant et après le soin (respectivement T1 et T6) ainsi qu'à quatre temps opératoires clés, superposables pour les deux types d'actes (T2 à T5). Les patients avaient également été sollicités pour renseigner une échelle d'anxiété dentaire, une échelle visuelle analogique (EVA de 0 à 10) et ainsi indiquer leur niveau d'anxiété, de douleur et d'inconfort en pré et en post-opératoire. Enfin les patients et les praticiens avaient été questionnés sur leur préférence à un recours à la sédation pour les soins futurs.

Résultats : La comparaison des indicateurs physiologiques collectés avant et après traitement endodontique a montré que FC et de PAS varient significativement au cours des traitements, notamment lors de l'anesthésie (T2), de l'utilisation de l'instrumentation rotative (T3), du curetage apical (T4) et de la levée du champ opératoire (T5). Les augmentations de ces deux paramètres sont significativement plus importantes dans le groupe traité chirurgicalement (Figure 1).

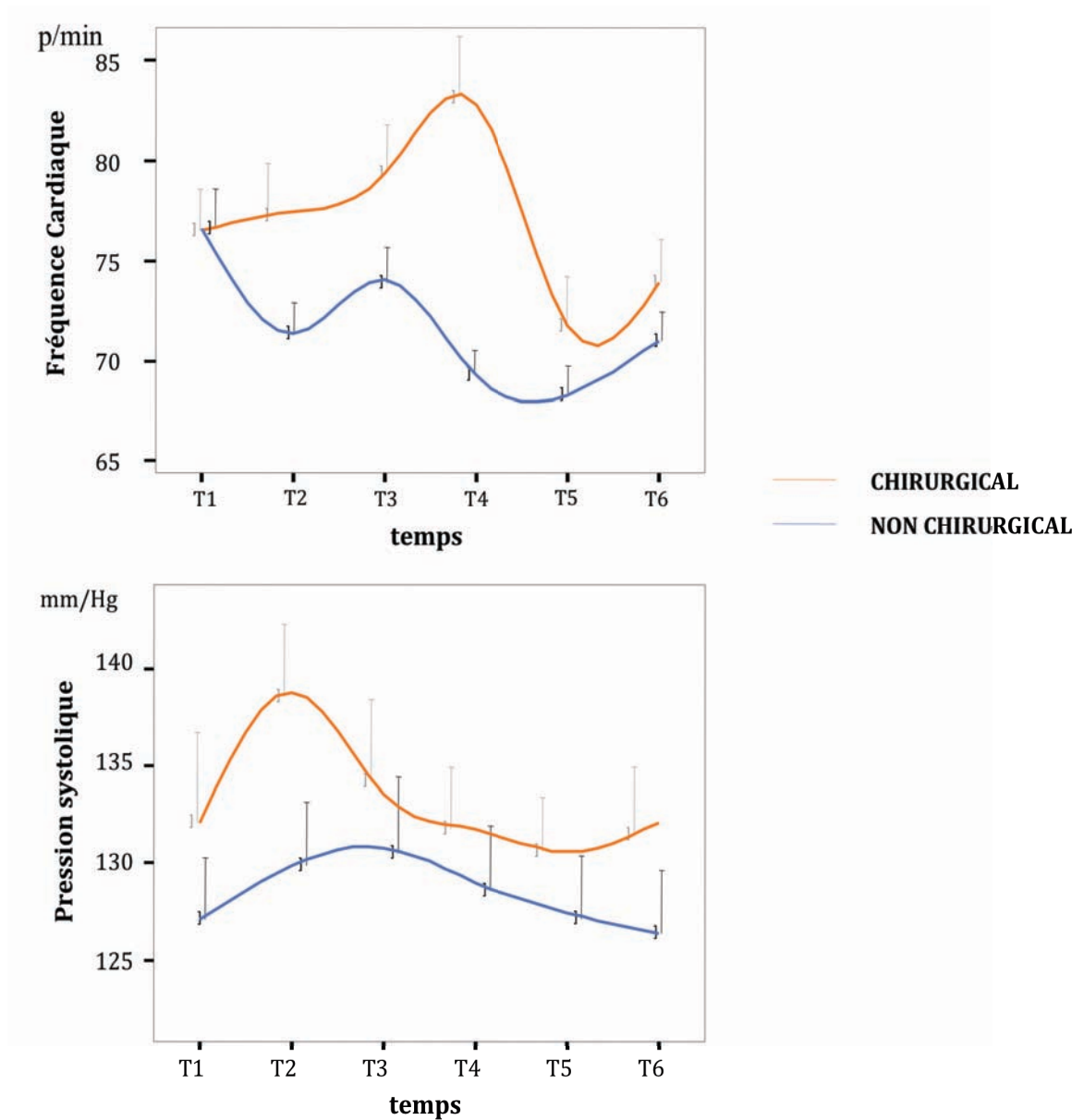


Figure 1. Courbes des variations de la moyenne de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle systolique (\pm SD), en fonction des temps opératoires T1 à T6, entre les patients des 2 groupes : chirurgical et non chirurgical.

Pour l'ensemble des sujets, il n'y a pas de corrélation de variation des moyennes des indicateurs physiologiques avec l'âge, le sexe, la durée du traitement et le score d'anxiété préopératoire, donné par l'EVA. Les scores postopératoires de l'anxiété sont corrélés aux scores préopératoires. Pour les deux groupes les opérateurs auraient envisagé une sédation seulement dans 10% des cas afin d'améliorer le confort de travail.

Discussion : Cette étude originale montre une variation de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle systolique en lien avec une anxiété provoquée par le traitement endodontique chirurgical de façon statistiquement plus importante que pour l'endodontie non chirurgicale. La faible quantité d'adrénaline comprise dans l'anesthésique local ne peut être que faiblement impliquée dans cette réaction, en comparaison avec la libération massive de cathécholamines endogènes lors de situations anxiogène et/ou douloureuse. Pour les deux groupes, l'analyse des échelles analogiques des valeurs de stress montre que le niveau de stress ressenti pendant le soin est corrélé à celui décrit en préopératoire.

Les modifications physiologiques induites par le stress lors de soins endodontiques rapportées par cette étude sont en cohérence avec les résultats de la littérature portant sur les soins dentaires en général et confirment les résultats de l'enquête de LeClaire et coll. (18) qui a interrogé les patients sur les étapes les plus anxiogènes d'un traitement endodontique. La procédure d'endodontie chirurgicale combine des stimuli (aiguille et fraise), déjà désignés comme anxiogènes, à un acte chirurgical stressant et déclenche des réactions cardiovasculaires inévitables. La lutte anti-douleur est une priorité des instances hospitalières. En odontologie, la douleur est prise en charge par la réalisation d'anesthésie locale. Il est intéressant de noter que, bien que l'anxiété induise des conséquences physiologiques similaires à la douleur, elle ne fait pas l'objet des mêmes considérations (19). Bien que différentes modalités de prise en charge cognitivo-comportementale ou médicamenteuse aient montré une efficacité sur la diminution de l'anxiété, en France, la sédation est peu développée pour la réalisation de soins dentaires chez les patients sans besoins spécifiques apparents.

II.1.2.2. Echecs et déficience de l'immunité.

La LIPOE est causée par une réaction immunitaire localisée de l'hôte en réponse aux agents agresseurs bactériens et à leurs productions enzymatiques (20). Le traitement endodontique a pour objectif de réduire ou d'éliminer les bactéries présentes dans le canal, l'immunité non spécifique assure la destruction des bactéries résiduelles présentes hors de l'endodonte. Le processus complexe de la cicatrisation peut ensuite alors se mettre en place.

En cas de déficience de l'immunité la cicatrisation est plus aléatoire et certainement plus dépendante de l'élimination bactérienne thérapeutique (21). Le risque d'échec du traitement endodontique est à mettre en relation avec les diverses pathologies générales,

organique, métabolique ou immunitaire, qui réduisent l'aptitude d'un tissu ou de tout l'organisme à se défendre contre les atteintes infectieuses. L'immunodéficiência peut-être primaire congénitale, ou secondaire pathologique ou médicamenteuse. L'immunodéficiência primaire peut avoir différentes étiologies en fonction des différentes voies de l'immunité concernées : déficit ou défaut de fonctionnement cellulaire, déficit en anticorps ou dysfonction du complément. Les patients présentent donc des risques infectieux variables en fonction de l'étiologie de leur immuno-déficiência.

L'exemple d'immunodéficiência secondaire acquise le plus connu est celui provoqué par le Virus d'Immunodéficiência Humaine ou VIH qui s'attaque à certaines cellules du système immunitaire. En l'absence de traitement rétro-viral efficace, les patients infectés peuvent déclarer des infections inhabituelles et sévères, à l'inverse si la charge virale est rendue indétectable par le traitement, ces patients présentent les mêmes risques que la population générale. Quesnell et coll. et Shetty et coll. montrent que les patients VIH positif, traités, ne présentent pas plus de défaut de cicatrisation des LIPOE après un traitement endodontique que les patients sains (22, 23).

L'immuno-suppression d'origine médicamenteuse expose les patients à des risques de défaut de cicatrisation osseuse. Parmi les molécules responsables, on peut citer en exemple, les traitements prolongés de glucocorticoïdes pour les maladies auto-immunes et la cyclosporine pour les traitements anti-rejet. La prise d'anti-inflammatoires stéroïdiens augmente le risque d'échec d'un traitement endodontique car il contribue à une forte probabilité de complications infectieuses post-opératoires et modifie la structure osseuse (24).

Le diabète sucré (type 1 et 2) est une pathologie métabolique caractérisée par une hyperglycémie. Cette pathologie peut-être assimilée à une maladie immuno-déficiente car l'hyperglycémie prolongée provoque à long terme des angiopathies et une altération des fonctions immunitaires (25). Les risques infectieux dans le cas de diabète non équilibré sont donc superposables à ceux des autres immuno-déficiences. De plus, les relations étroites, entre la pathologie générale diabétique et les processus inflammatoires oraux chroniques d'origine infectieuse, sont de plus en plus étudiées. Ainsi, il a été établi qu'entre la parodontopathie et le diabète, deux maladies chroniques, la relation est bidirectionnelle : le diabète constitue un facteur de risque pour la parodontopathie en augmentant l'inflammation locale et la parodontopathie affecte le contrôle de la glycémie

et contribue à l'aggravation du diabète (26). Comme la maladie parodontale, la LIPOE est aussi une pathologie infectieuse évoluant sur le mode chronique. Cependant les relations pathogéniques avec le diabète sont peu connues. Wang et coll. (27) ont montré, que les patients diabétiques présentent une augmentation significative du risque d'extraction des dents traitées endodontiquement en général mais seul 10% des extractions seraient justifiées par la présence d'une infection d'origine endodontique. Une étude récente de Marotta et coll. (28) montre qu'une plus forte prévalence de LIPOE est retrouvée chez les patients atteints de diabète en comparaison des patients non diabétiques.

Un os irradié peut être considéré comme déficient en terme d'immunité, notamment par une réduction de sa vascularisation. La radiothérapie engendre des lésions osseuses, doses-dépendantes. Ainsi, pour une irradiation inférieure à 30 Gy les lésions osseuses peuvent être réversibles, mais ne le sont plus pour une irradiation plus importantes. Hommez et coll. ont montré qu'une dent présente sur un territoire irradié est plus souvent associée à une LIPOE (29).

II.1.2.3. Echecs et pathologies cardiovasculaires.

L'étude des relations entre les pathologies cardiovasculaires et la présence ou le défaut de cicatrisation d'une LIPOE est récente dans la littérature, et les résultats exposés sont parfois contradictoires. Il faut noter cependant que le rapport de la LIPOE avec les pathologies générales semble présenter une certaine réciprocité. La LIPOE est considérée comme un facteur de risque pour les pathologies cardiovasculaires au même titre que l'âge, le tabac et le surpoids (7). Vis-à-vis du risque d'échec du traitement endodontique, ces pathologies paraissent impliquées. Segura et coll. (30) mettent en valeur une plus grande proportion de LIPOE sur des dents traitées chez des patients hypertendus tabagiques. Le tabac, facteur aggravant des pathologies cardiovasculaires, est aussi décrit comme un paramètre favorisant l'apparition de LIPOE pour les dents traitées endodontiquement (31, 32). A l'inverse, Marending et coll. estiment que cette relation n'est pas établie (22).

Ainsi, les pathologies ou les traitements réduisant l'immunité localement ou en général semblent jouer un rôle favorisant dans l'apparition de la lésion initiale périapicale d'une part et de la lésion secondaire associée à un traitement endodontique d'autre part. Cependant les rapports de pathogénies ne sont pas bien établis et les études trop peu nombreuses ne permettent pas de confirmer l'existence de relations franches. De nouvelles études cliniques doivent être menées pour mieux comprendre le rapport des pathologies

générales avec l'apparition, la persistance ou l'accroissement de la LIPOE. Les notions de comorbidité, chez les patients à l'état général dégradé ou présentant des besoins spécifiques vis-à-vis des soins dentaires et de non-observance des soins, augmentent les risques d'échec de ces patients aux besoins plus fréquents en soins endodontiques. En l'état, la maîtrise de l'échec du traitement endodontique en présence d'un état général dégradé passe par un mode de prise en charge destiné à réduire l'anxiété, par le respect des procédures décrites et par une évaluation sur le long terme régulière des traitements endodontiques.

II.1.3. LES RISQUES D'ECHECS EN RAPPORT AVEC LES CONDITIONS PHYSIOLOGIQUES ET ANATOMIQUES BUCCO-DENTAIRES.

II.1.3.1. Accessibilité.

Les procédures endodontiques recommandées sont détaillées dans la littérature, et il est largement admis que le succès d'un traitement endodontique est directement lié au respect de ces procédures. La collaboration du patient doit être entière tout au long de la réalisation de la thérapeutique endodontique. La réalisation d'une voie d'accès conforme, la mise en place du champ opératoire et l'accès des instruments endodontiques aux orifices canaux imposent le concours du patient qui est ainsi acteur du succès de sa thérapeutique. L'ouverture buccale réduite et le réflexe nauséeux doivent être pris en considération pour une adaptation des modalités de prise en charge ou du plan de traitement global lui-même. Ces critères d'accessibilité sont reconnus et apparaissent dans la grille d'évaluation de la difficulté d'un traitement endodontique proposée par « l'American Association of Endodontists » (AAE) (33).

L'ouverture buccale est déterminante puisqu'elle donne accès à la couronne dentaire et indirectement à l'endodonte. Une limitation importante de l'ouverture buccale, ne permet pas le passage d'instruments de mise en forme et rend impossible le traitement endocanal. Dans certains cas, les conditions bucco-dentaires anatomiques ou physiologiques impliquent d'envisager, en fonction de l'indication et de la position de la dent concernée, des thérapeutiques autres ou l'abstention. La figure 2 illustre les modifications thérapeutiques induites dans le cas d'une ouverture buccale limitée en fonction des pulpopathies diagnostiquées.

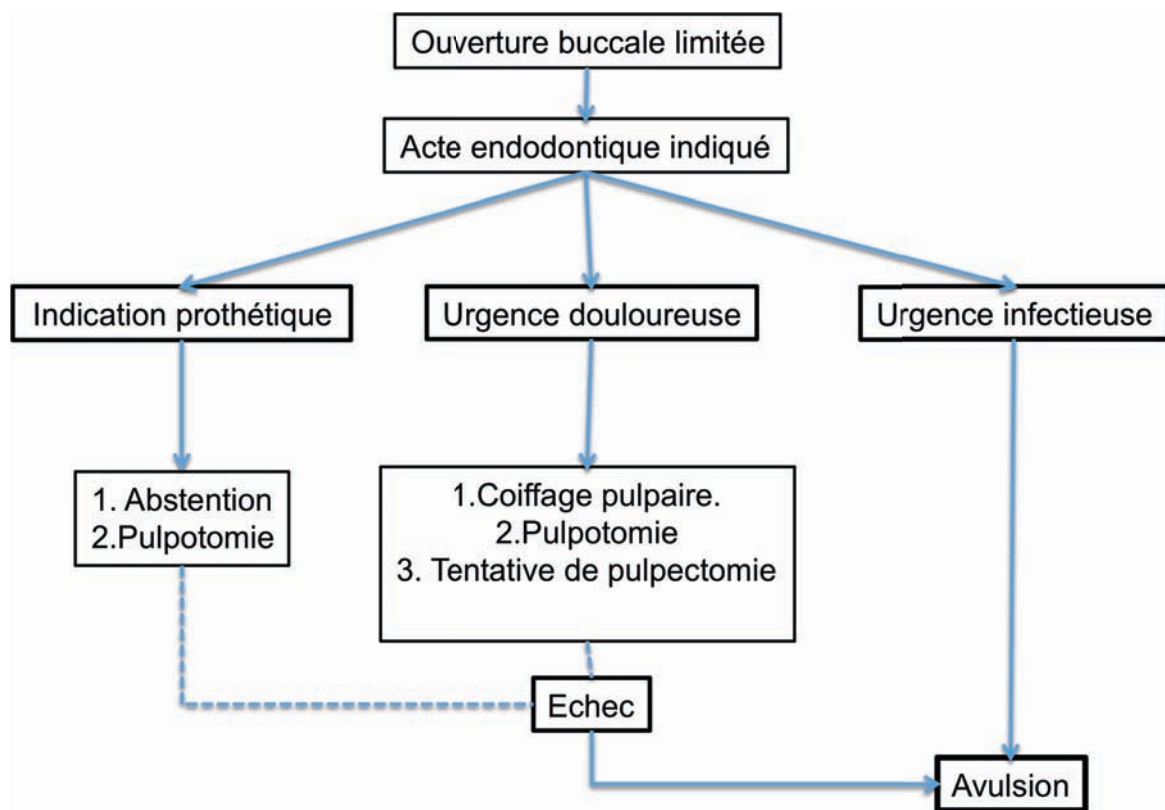


Fig 2. Proposition d'arbre décisionnel du traitement endodontique non chirurgical en présence d'une ouverture buccale limitée.

Le réflexe nauséux de protection est inné et régresse au cours des premières années de vie. Il persiste cependant chez certains patients et peut compromettre la réalisation des soins endodontiques. Le premier obstacle, peut-être l'impossibilité de réaliser un examen complémentaire radiologique pré-opératoire de qualité exploitable. Le réflexe nauséux serait, chez les patients qui ont un fort désir de contrôle sur les événements, en relation avec le stress et l'anxiété (34). Winocur et coll. ont montré que les échelles analogiques d'anxiété et de réflexes nauséux sont fortement corrélées (35). Le réflexe nauséux peut être ainsi considéré et pris en charge comme une expression du stress, par la mise en place de procédures cognitivo-comportementales ou par une administration sédatrice.

II.1.3.2. La dent et son environnement.

II.1.3.2.1. Environnement buccal.

L'observation de l'état dentaire en général fournit les informations sur le risque carieux, sur l'observance des soins passés et permet ainsi de mieux cerner l'aptitude du patient à adhérer au soin endodontique.

La perte de substance coronaire, carieuse ou traumatique, doit être compatible avec la mise en place d'un champ opératoire étanche, une réserve camérale d'irrigant et une obturation temporaire et/ou définitive étanche. Si la perte de substance est trop importante et qu'elle ne permet pas de respecter ces critères, le risque d'échec est considérablement augmenté. Un réaménagement tissulaire, une reconstitution pré-endodontique ou une contre-indication du traitement doivent alors être envisagés.

L'état parodontal n'influence pas le succès du traitement endodontique (11), mais les relations anatomo-pathologiques qui existent entre le parodonte et l'endodonte peuvent influencer la survie de la dent. Ng et coll. ont montré qu'une perte osseuse d'origine endodontique (fêlure, fracture) réduit le taux de survie de la dent (36). La présence d'une LIPOE augmente le risque d'échec du traitement. Ainsi, une dent pulpée a 13% de chance de succès thérapeutique de plus qu'une dent nécrosée associée à une LIPOE. De même une dent nécrosée sans LIPOE présentera plus de chance de succès thérapeutique qu'une dent nécrosée associée à une LIPOE (37). La taille de la LIPOE semble aussi avoir une influence sur le risque d'échec du traitement. Les raisons évoquées sont d'ordre bactérien : la flore est très hétérogène (11), l'infection peut-être extra-radriculaire ou d'ordre anatomo-pathologique par une transformation kystique de la lésion (38). Le praticien ne peut avoir aucune influence sur cet état initial et doit seulement considérer ces éléments pour établir son pronostic thérapeutique.

II.1.3.2.2. La dent.

II.1.3.2.2.1. Risques d'échecs liés à la position de la dent

L'influence de la position et du type de dent sur l'échec thérapeutique n'est pas clairement établie. En effet, les critères définis pour caractériser le « type de dent » sont trop variables d'une étude à l'autre (maxillaire/mandibulaire, antérieure/postérieure, monoradiculées/pluriradiculées, monocanalaire/pluricanalaires) et en l'état, aucune conclusion ne peut être établie. Cependant, il semble que la position de la dent sur l'arcade

a une influence sur le geste iatrogène et qu'ainsi les molaires, plus difficiles d'accès et pluri-radiculées, semblent cumuler les risques (11).

II.1.3.2.2.2. Risques d'échecs liés à l'anatomie dentaire

La connaissance de l'anatomie radiculaire et canalaire constitue un prérequis à toute thérapeutique endodontique et à son succès. De nombreuses variations anatomiques peuvent exister (racines ou canaux supplémentaires, canaux accessoires, isthmes, ramifications) et sont autant d'obstacles à la réalisation simple des thérapeutiques (40). Ainsi, selon Givol et coll., les incisives mandibulaires, bien qu'antérieures, sont les dents qui présentent le plus d'incidents d'instrumentations et d'obturation, en lien certain avec leur complexité anatomique dans un espace réduit (39). L'analyse minutieuse de la radiographie apporte de nombreuses informations complémentaires. Des clichés rétroalvéolaires doivent être réalisés selon différentes incidences afin de mieux appréhender les difficultés anatomiques, (41). Dans certaines situations le recours à la radiographie en 3D peut s'avérer indispensable.

Les anomalies de forme, les pathologies de la dent et la sénescence pulpaire vont rendre l'accès à l'ensemble du canal plus difficile et ainsi minorer l'élimination du tissu pulpaire ou des bactéries. Le pronostic du traitement peut ainsi être limité par l'impossibilité de mettre en application les procédures thérapeutiques (42). Ces particularités viendront ajouter de la complexité à une micro-anatomie endodontique qui l'est déjà. Peu d'études permettent de détailler la prévalence des anomalies de forme dans leur ensemble et pour une population mondiale. Les particularités ethniques sont, dans ce domaine, souvent marquées (43, 44). Une étude, portant sur une population indienne, rapporte une prévalence des anomalies de forme de 11,71%, après celles de position (21,91%) et avant celles de nombre (6,95%) et de structure (0,36%). Une répartition quantitative similaire pour la microdontie, le taurodontisme et la dens invaginatus est décrite (45). Il n'y a pas de distinction d'anomalies selon le sexe (45, 46). Ces particularités corono-radiculaires entraînent souvent une augmentation du risque carieux et par conséquent de complications pulpaire et parodontale accrues (47). L'analyse de la littérature montre que les anomalies dentaires ayant fait l'objet de plus de publications sont les Dens Invaginatus et les canaux en C.

La Dens in Dente ou Dens Invaginatus est l'anomalie de forme la plus rencontrée, avec une prévalence de 0,3% à 10% (48). On décrit selon la classification de Oehlers, 3 types de

« dens in dente » selon l'importance de l'invagination et la communication ou non avec le desmodonte (47) (Tableau 1). La difficulté thérapeutique et par conséquent le succès du traitement, sont dépendant de la classe et du stade d'évolution. Le diagnostic souvent fortuit et tardif montre alors une pathologie évoluée de mauvais pronostic.

L'imagerie tomographique révolutionne l'appréhension de ces pathologies en permettant une observation transversale de la racine et qui permet de préciser les organisations tissulaires, la qualité du support osseux et par conséquent d'affiner le pronostic de la thérapeutique endodontique éventuellement envisagée. Pour les types II, la difficulté du traitement endodontique du canal principal passe par une élimination partielle ou totale de l'invagination, sans fragilisation excessive des parois latérales résiduelles. Pour les types III, l'invagination devra être considérée comme une seconde entité canalaire, la difficulté résidera dans l'élimination de l'email interne.

Tableau 1 .Classification de Oelhers des Dens Invaginatus (45).

Type I	Type II	Type IIIA	Type IIIB
<ul style="list-style-type: none"> - Contour continu d'email. - Limitée à la couronne. - A distance de la jonction amélo-cémentaire. 	<ul style="list-style-type: none"> - Contour continu d'email. - Extension à la chambre pulpaire. - Circonscriit dans la racine. - Sans communication avec le desmodonte. 	<ul style="list-style-type: none"> - Contour d'email interrompu. - Extension à la racine. - Communication latérale avec le desmodonte. - Sans communication avec la pulpe. 	<ul style="list-style-type: none"> - Contour d'email interrompu. - Extension à la racine. - Communication apicale avec le desmodonte. - Sans communication avec la pulpe

Le Taurodontisme présente une prévalence équivalente entre les sexes de 2,5 à 3,5% (49). Parmi les patients qui sont référés à l'hôpital pour leurs traitements endodontiques, certains groupes, comme les personnes porteuses de trisomie 21, ont une plus grande prévalence au taurodontisme. Il atteint principalement les dents pluriradiculées et peut être décrit comme un allongement de la chambre pulpaire associé au déplacement apical du plancher. Il existe une classification en hypo, meso et hyper taurodontisme en

fonction de la situation respectivement haute, moyenne et basse du plancher et de la division radiculaire. Pour l'hypertaurodontisme, la difficulté d'une thérapeutique non chirurgicale, réside non pas dans l'accès à ce réseau canalaire plutôt élargi mais dans le fait que la division radiculaire (bifurcation ou trifurcation) se fait près de la zone apicale et qu'elle peut être associée à une multiplicité d'orifices canaux (3 à 6 canaux) (50).

Les canaux en « C » sont principalement retrouvés dans les deuxièmes molaires mandibulaires et sont associés à une prévalence variant de 8% à 52%, en fonction des populations et des groupes ethniques ; la plus forte prévalence est retrouvée pour une population chinoise. Cette particularité peut aussi être rencontrée dans toutes les molaires ainsi que dans les premières prémolaires mandibulaires (51). Ce « ruban canalaire » et associé à 2 à 4 canaux négociables reliés entre eux par de nombreuses anastomoses. La configuration la plus retrouvée est celle qui comporte 3 canaux (43). Cette variation anatomique constitue un véritable défi diagnostique et thérapeutique pour le praticien et de fait peut être associé à un plus grand nombre d'échec. La mise en forme, avec une instrumentation rotative, associée à un geste d'appui pariétal, ne permet pas d'éliminer la totalité des débris même dans de simples canaux ovalaires (52). Ainsi, avec le système SAF (Self Adjusting File, ReDent, Ra'anana, Israel), 41% (± 14) des parois canaux ne sont pas concernées par la procédure de nettoyage contre 66% (± 6) avec le système ProTaper (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland). L'utilisation d'instruments manuels dans ces canaux en « C » peut permettre d'éliminer plus de débris mais en générant plus d'erreurs de procédure (53). Il s'avère préférable d'associer les ultrasons pour une potentialisation des zones non accessibles mécaniquement (51).

La courbure radiculaire est radiologiquement définie par son angle de Schneider (54) et son rayon (55). Plus l'angle est grand, plus la courbure est importante ; plus le rayon est petit, plus le changement d'axe est brutal. La connaissance de ces critères est le préalable indispensable à tout traitement endodontique d'un canal courbe. L'objectif de nettoyage et de mise en forme doit concerner toute la longueur canalaire et ainsi franchir la courbure. Les limites des instruments utilisés (rigidité des instruments manuels, sensibilité à la fracture des instruments rotatifs en contrainte) font que la courbure est souvent le site d'actes iatrogènes comme l'ovalisation du foramen, la création de butée en amont de la courbure, bris d'instrument dans la courbure (56, 57). Les complications liées aux difficultés de mise en forme de la butée, sont la fausse route et la perforation. Ainsi la mauvaise gestion de la courbure canalaire aura indirectement pour conséquence une

insuffisance de nettoyage pariétal, en aval de l'échec et une fragilisation de la zone apicale (56). La limitation des actes iatrogènes dans cette zone de courbure, , est étroitement liée à la stratégie d'analyse et d'anticipation des difficultés par le praticien (58). L'utilisation d'instruments en nickel titane, basée sur le principe du « crown-down » contribue à moins dévier le canal courbe. Aussi, le respect des séquences instrumentales, l'irrigation et la récapitulation doivent contribuer à limiter les échecs en présence d'une courbure (56).

II.1.3.2.2.3. La pulpe.

L'état de vitalité pulpaire de la dent ne paraît pas jouer un rôle important vis-à-vis du taux de succès. Ce taux semble plutôt dépendre de la contamination bactérienne de l'endodonte (11, 37). Le vieillissement physiologique du complexe dentino-pulpaire se manifeste par une diminution du volume de la chambre et du canal par apposition régulière de dentine secondaire ou tertiaire qui peut aboutir à l'oblitération complète du canal. Ce phénomène physiologique est à différencier des manifestations dégénératives calciques de la pulpe, camérale et radiculaire (59). Les pulpolithes (calcifications dites focales) sont très fréquemment retrouvés, leur taille peut varier de 50 µm à plusieurs mm et ainsi obturer la totalité de la chambre (60). Quelle qu'en soit l'étiologie, leur diagnostic clinique est primordial, et l'indication du traitement endodontique doit être parfaitement établie. Les difficultés thérapeutiques liées aux minéralisations sont la localisation des entrées et la progression canalaire jusqu'au foramen apical. Aussi, ces canaux génèrent des contraintes instrumentales majeures sur les instruments de mise en forme qui peuvent provoquer leur rupture. Une progression lente, basée sur le « crown-down », et l'association à des chélatants permet, si le canal est initialement perméabilisable, de mener à bien la thérapeutique.

Le processus des résorptions interne et externe est lié à l'infection totale ou partielle de la pulpe (61). La résorption interne peu fréquente, est la conséquence de l'inflammation locale de la pulpe, causée probablement par une nécrose pulpaire septique, située coronairement. La résorption externe d'origine infectieuse est associée à la nécrose septique complète de la pulpe. Les manifestations de cette résorption très fréquente seront visibles apicalement. Lorsque le ciment est altéré en un point, la nécrose pulpaire peut également être à l'origine d'une résorption latérale (62). Le diagnostic différentiel entre résorption interne et résorption externe doit être fait en fonction de la forme, des contours et de la position sur différents clichés radiographiques. Il est aussi important de faire le diagnostic différentiel de la résorption externe d'origine infectieuse avec les autres

résorptions externes pour mieux cerner le pronostic de survie de la dent. Le traitement étiologique de ces résorptions, basé sur l'élimination bactérienne intracanaulaire, est associé à un bon pronostic. En présence de résorption externe apicale, la constriction peut être résorbée, le choix et le respect de la longueur de travail sont alors plus complexes. La résorption externe apicale favorise ainsi la sur-obturation qui est très impliquée dans l'échec de la thérapeutique (11). Pour la résorption interne, la modification de l'anatomie endodontique, minimise l'action des instruments de mise en forme, il faut mettre l'accent sur la potentialisation des agents chimiques par les ultra-sons pour parfaire l'élimination bactérienne canalaire. L'obturation, plus complexe, doit être réalisée avec des techniques de gutta plastifiée pour une obturation tridimensionnelle de la lésion et du canal.

II.2. LES RISQUES D'ECHECS LIES À L'OPERATEUR.

L'offre de soins des services d'odontologie hospitalière universitaire répond à toutes les pathologies bucco-dentaires au travers d'actes chirurgicaux et non chirurgicaux. Partenaire de l'Université Paul-Sabatier, le CHU de Toulouse participe à l'enseignement universitaire et post universitaire. A ce titre, les soins peuvent être réalisés par différents opérateurs. Les patients adressés pour un acte particulier sont pris en charge par des praticiens hospitaliers et les chirurgiens-dentistes en formation compétents dans les domaines de Chirurgie, d'Endodontie, d'Occlusodontie, d'Orthodontie, de Parodontologie ou de Prothèse. Les patients qui se présentent à la consultation, en urgence et pour le suivi des soins sont reçus par des externes ou des internes hospitaliers sous la supervision de Praticiens Hospitaliers (PH). Pour les soins endodontiques, les opérateurs peuvent être classés en fonction de leurs compétences en 3 catégories (63) : les novices pour les externes en formation, les expérimentés pour les Chirurgiens dentistes participant au Diplôme Inter-Universitaire d'Endodontie et les experts pour les PH exerçant dans le domaine exclusif de l'endodontie. Le niveau d'expérience et de compétence a une influence sur la connaissance et le respect l'anatomie et sur la mise en oeuvre des procédures thérapeutiques. La compétence peut influencer ainsi indirectement le pronostic du traitement.

II.2.2. LES OPERATEURS NOVICES.

Les étudiants qui réalisent les traitements endodontiques ont une expérience pratique et des connaissances théoriques préalables. Ils sont spécifiquement encadrés par un enseignant d'Odontologie Conservatrice et Endodontie. La qualité des traitements réalisés par les étudiants est internationalement reconnue comme faible. Khabbaz et coll. (64) montrent que, tous types de dents confondus, elle varie de 13 à 55,3%. Il faut noter que l'unité évaluée n'est pas toujours la dent mais peut être la racine, ou le canal. Aussi, les critères d'évaluation de qualités choisis ne sont pas toujours les mêmes : longueur et densité sont systématiquement analysées, mais certaines études considèrent, également la conicité de la mise en forme canalaire qui a aussi toute son importance dans les résultats à long terme (65). Les résultats décrits doivent donc être interprétés et pondérés.

Il existe peu d'études cliniques décrivant les erreurs de procédures faites par les étudiants (Tableau 2). Selon Hayes, elles sont plus souvent décrites chez les étudiants en formation que chez les praticiens expérimentés (66).

Tableau 2. Données sur les erreurs de procédure réalisées au cours d'un traitement endodontique par les étudiants de différents pays.

Auteurs	Pays	Nombre D/R	Total (%)	Détail (%)
Kfir et coll (67)	Israel	291 R	12,5	DP=7,5, PA=3, Bo=2
Elephteriadis et coll (58)	Grèce	620 R	27,5	B=24,8, PA=2,7
Khabbaz et coll (64)	Grèce	759 D	30,2	B=17, PA=10, PR=3, F=0,2
Balto et coll (68)	Arabie saoudite	550 D	28	B=14, DP=7, PA=7

R pour racine et **D** pour dent. B= Butée, Bo= Bouchon, DP=Déplacement canalaire, F= Fracture instrumentale, PA=Perforation apicale, PR= Perforation radiculaire.

Le rapport entre le succès et la qualité paraît simple. L'analyse du succès doit se faire selon l'European Society of Endodontology (ESE) par un suivi après un an, au moins. En cas de succès incertain : signes cliniques absents mais image radiologique persistante, le contrôle sera poursuivi les 3 années suivantes. A 4 ans le succès ou l'échec peut être établi (69).

Une forte prévalence de LIPOE pour des dents traitées est à mettre en relation avec un faible niveau de qualité des traitements (70). En considérant le niveau de l'opérateur, les résultats de la qualité du traitement seraient proportionnels à ceux du succès. Fouad et Burleson (71) trouvent que le taux d'échec à long terme des traitements réalisés par les étudiants est plus élevé que ceux effectués par des praticiens expérimentés en endodontie. Cette observation est à pondérer, car Frisk et coll. (72), qui comparent les résultats en terme de qualité de traitements et de prévalence des parodontites apicales pour 4 populations, superposables en distribution, à 10 ans d'intervalle (1973 à 2003), concluent qu'en 30 ans, la qualité des traitements s'est améliorée avec un pourcentage de traitement de bonne qualité variant de 23,7% à 36,4%, alors que la prévalence des LIPOE reste la même. Les facteurs influençant le succès, récemment énumérés dans les travaux de Ng et coll. (11, 36) ne sont pas les mêmes que ceux décrits pour la survie, exception faite du critère de la qualité de la reconstitution coronaire.

Au CHU de Toulouse, les étudiants en cours de formation traitent tous les patients, indifféremment sans distribution spécifique selon la difficulté du traitement endodontique et la compétence de l'opérateur. Les étudiants ont plus de difficulté, que les praticiens expérimentés, à détecter toutes les entrées canalaires et à réaliser une mise en forme jusqu'à la longueur de travail sans générer des butées, des perforations ou sans engendrer la fracture d'un instrument. Parce qu'ils sont en cours d'acquisition de compétences, les étudiants mettent plus de temps à réaliser le traitement, avec des séances plus longues et plus nombreuses. En ce qui concerne le paramètre « nombre de séances », l'analyse de la littérature faite par Ng et coll. (62) semble montrer un léger avantage en terme de succès pour les thérapeutiques menées en une séance. L'utilisation d'instruments manuels en 2% augmente les risques liés à la mise en forme et complique l'obturation. Dans ces conditions, il est possible de penser que, malgré la supervision du travail des étudiants par des enseignants, le taux d'échecs du traitement des étudiants devrait être augmenté par rapport à celui des praticiens qualifiés ou spécialistes. Or, plusieurs études montrent qu'il n'y a pas ou peu de différence en terme de survie et de succès des dents traitées endodontiquement selon l'opérateur. Il n'y a pas d'étude française analysant le succès à long terme des traitements endodontiques.

Ainsi, pour connaître les résultats des traitements endodontiques réalisés par les étudiants en odontologie du CHU de Toulouse, une étude a été menée (73). L'objectif principal de cette étude était de calculer les taux de survie et de succès à 4 ans des traitements endodontiques. Les objectifs secondaires de cette étude recherchaient à évaluer l'influence de différents facteurs dentaire, diagnostic et thérapeutique sur ces résultats.

Matériels et méthodes : Les traitements endodontiques avaient été réalisés pendant l'année 2005, par des étudiants de 4^e, 5^e ou 6^e année sous le contrôle d'enseignants (1 pour 10). Trois clichés au moins, pré opératoire, per opératoire pour la détermination de la longueur de travail et post opératoire pour le contrôle de l'obturation, sont réalisés (films argentiques). La mise en forme, sous digue, effectuée avec des instruments manuels (alternance de limes K et H de 8 à 35 de diamètre selon les cas) était associée à irrigation fréquente d'une solution d'hypochlorite de sodium diluée à 2,5%. Après séchage et induction des parois de ciment de scellement l'obturation du réseau canalaire se faisait par condensation latérale à froid de cônes de gutta percha. Une obturation coronaire transitoire (Cavit® ou eugénate) ou semi-définitive (ciment verre ionomère) était mise en place. Le nombre de séances variait de 1 à 4 séances d'une durée de 2 heures. Les patients dont une

dent au moins avait fait l'objet d'un traitement endodontique avaient été recontactés pour une évaluation clinique (entretien, percussion, palpation et sondage parodontal) et radiographique (argentique selon deux incidences) des résultats de leurs traitements. L'état périapical a été évalué en utilisant le « Periapical Index » (PAI) décrit par Orstarvik en 1986. Seul le PAI score 1 était considéré comme sain. L'analyse statistique de l'influence des facteurs prédictifs utilise le test de Fisher ($\alpha = 5\%$) et l'Odds ratio (CI 95%) pour le succès, et la régression logistique pour la survie ($p < 0.05$).

Résultats : Parmi les 170 traitements réalisés chez 125 patients, 61 traitements de 36 patients ont pu être réexaminés après quatre ans (taux de rappel = 32%). A 4 ans, le taux de succès est de 72% des dents traitées. Les critères généraux de bonne qualité radiographique du traitement et de position mandibulaire de la dent étaient corrélés au statut périapical sain. Pour les critères de difficulté thérapeutique analysés, montre que la mise en place sans difficulté du champ opératoire augmente les chances de la dent d'être associée à un succès ($OR = 3,9$ [1.2 ; 12.8]) et que la présence d'une pathologie parodontale initiale réduit les chances de succès du traitement ($OR = 6,4$ [1.8 ; 22.03]). A 4 ans, le taux de survie est de 89%. La difficulté d'isolation par le champ opératoire est corrélée aux chances de survie ($p = 0,042$).

Discussion : Le taux de succès de 72% est en adéquation avec les taux retrouvés dans la littérature. En effet, le taux de succès des traitements endodontiques (initiaux) réalisés par des étudiants non diplômés, dans la littérature, varie de 56,2 à 88,4% (74,75,76,77,78) la médiane est de 70%. Pour les retraitements, le taux médian retrouvé est de 81,5% (62). La grande variabilité des taux de succès s'explique par les différences de méthodologie et de matériel. Dans cette étude, les étudiants traitent sans distinction de difficulté tous les cas : traitement initial ou retraitement avec ou sans LIPOE. Parmi les facteurs explicatifs retrouvés dans cette étude, la qualité de l'obturation (densité, longueur) et l'état parodontal sont eux aussi décrits dans les revues de Ng et coll. (11,37). Le taux de survie varie dans la littérature de 85 à 97% (79) ce qui est cohérent avec nos résultats. Les limites de la présente étude sont à mettre en relation avec le type de radiographie en deux dimensions choisie et à la faiblesse des effectifs. Malgré ces limites, cette étude incite à proposer une orientation des patients selon la compétence de l'opérateur et la difficulté du cas (dent et patient). La faible taille de l'échantillon ne permet pas une étude plus approfondie des facteurs explicatifs du succès et de la survie. Il serait intéressant de proposer une nouvelle étude prospective portant sur un plus grand nombre de sujets.

Au CHU de Toulouse, les étudiants hospitaliers sont formés aux procédures recommandées par l'ESE (69), d'un point de vue théorique mais aussi pratique. La rotation continue, associée au Nickel-Titane (Ni-Ti), a montré ses points forts en terme de respect de l'homothétie canalaire, de l'absence de déviation du canal et du foramen. Elle permet d'obtenir de façon reproductible de meilleurs résultats en terme notamment de qualité d'obturation canalaire et ceci dans des délais moindres en comparaison à la mise en forme manuelle. Cependant, le Nickel-Titane, du fait de ses propriétés et de son mode d'action en rotation continue, est plus fréquemment soumis à la fracture que les instruments manuels. La fracture instrumentale est étroitement liée à la gestuelle et donc à l'expérience de l'opérateur. C'est la crainte de fractures associées (80) qui a freiné son introduction dans les services hospitaliers. Aussi, dans l'étude de Cheung et Liu, la mise en forme par le Nickel Titane en Rotation continue apporte de meilleurs résultats en terme de cicatrisation que la mise en forme manuelle (81). Pour toutes ces raisons il paraît important de former les étudiants à l'usage de la rotation continue et d'essayer ainsi d'améliorer le succès des traitements endodontiques. Pendant de nombreuses années, au CHU de Toulouse, les étudiants faisaient l'apprentissage de la rotation continue au cours de leur 4^e année de formation. Pour préparer au mieux l'introduction du Ni-Ti en rotation continue dans les services de soins, une réflexion sur son enseignement plus précoce dans le cursus de étudiants, parallèlement à celle de l'instrumentation manuelle au cours des travaux pratiques était apparue comme nécessaire.

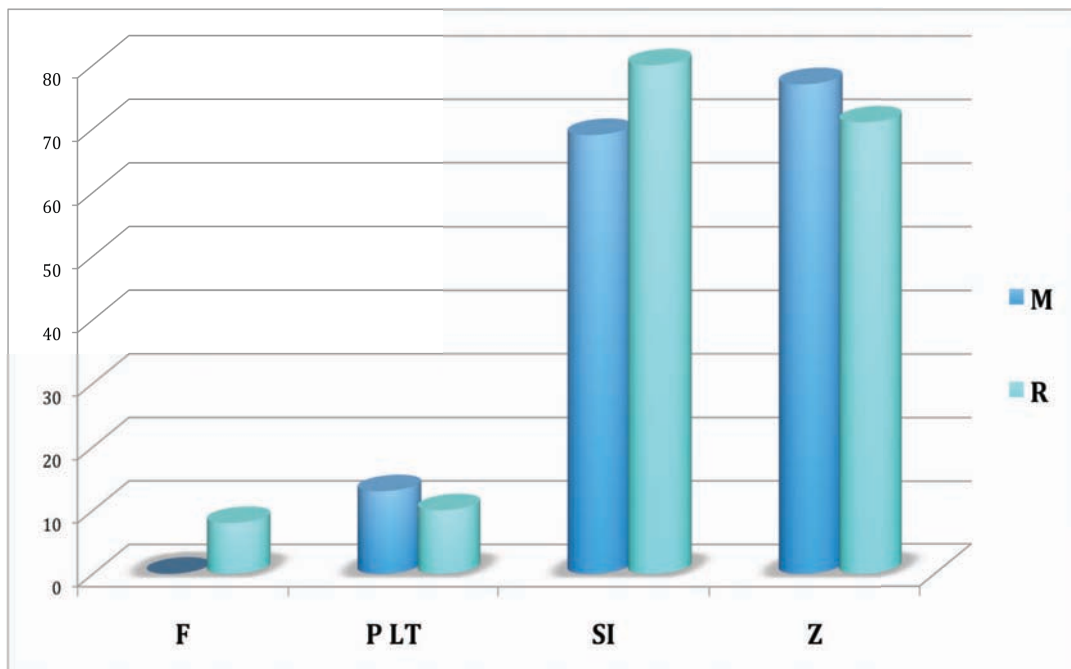
Ainsi, une étude expérimentale avait été entreprise pour évaluer les conséquences d'une formation précoce des étudiants à la rotation continue (82). L'objectif principal de ce travail était d'évaluer la prévalence des événements indésirables associés à la préparation canalaire des dents naturelles au cours de travaux pratiques. L'objectif secondaire était de comparer les échecs de chacune des procédures de mise en forme : manuelle ou rotative

Matériels et méthodes : Deux groupes randomisés de 13 étudiants de la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse, inexpérimentés dans le domaine des thérapeutiques endodontiques avaient réalisé la préparation de canaux de dents naturelles (n = 208) selon deux techniques différentes. Les étudiants recevaient auparavant un enseignement théorique commun d'endodontie générale concis suivi d'un enseignement spécifique, pour le groupe R concernant la technique rotative de mise en forme canalaire et le pour groupe M concernant la technique manuelle. Des dents matures, aux canaux peu minéralisés et qui ne présentaient pas de courbure supérieure à 20° avaient été sélectionnées. Préalablement à

toute manipulation, toutes les dents naturelles étaient formatées coronairement, les perméabilités canalaire et foraminale étaient obtenues et la longueur de travail donnée. Les dents avaient été ensuite radiographiées. Cent quatre dents naturelles avait été réparti au hasard en lots de quatre. Chaque lot était composé de deux monoradiculées, d'une molaire maxillaire et d'une molaire mandibulaire. Une fiche technique jointe précisait la longueur de travail de chacun des canaux ainsi que la séquence opératoire à suivre. Groupe R : mise en forme canalaire rotative (HEROShaper ®, MicroMega, Besançon, France), en fonction de la difficulté opératoire : séquence rouge (.06 #25, .04 #25 et #30) ou séquence jaune (.06 #20, .04 #20, #25 et #30). Groupe M : mise en forme manuelle: #15 à #35 (Helifile ®, Micro-Mega, Besançon France). Un examen visuel et radiologique des dents mises en forme recherchait trois types d'événements indésirables.

- La fracture instrumentale était analysée par comparaison des clichés radiographiques pré et post opératoires (F).
- Les longueurs de travail post opératoires étaient comparées à celles pré opératoire. La perte de longueur ainsi quantifiée est classée en 2 catégories : entre 0 et 2mm et supérieure à 2mm (PLT).
- Enfin les foramina apicaux étaient observés sous microscope optique (WILD M3 B, LEICA Microsystèmes SAS, Rueil-Malmaison, France) aux grossissements X6,4 et X16 pour mettre en évidence l'ovalisation foraminale (Z), la surinstrumentation (SI) et la présence de débris. L'analyse de la variance, le PLSD de Fisher et le test de l'égalité de la variance sont réalisés avec un risque α de 5% et permettaient de comparer les résultats obtenus dans les deux groupes pour les trois critères retenus (Statview, Brain-Power Inc. Agoura Hills, CA, USA).

Résultats : Globalement, la fréquence de survenue d'évènements indésirables n'est pas statistiquement différente entre les deux groupes et atteint respectivement 58% dans le groupe R et 51% dans le groupe M. De même, l'instrumentation iatrogène de l'apex et la perte de longueur de travail, en général, surviennent dans des proportions identiques dans les 2 groupes. La distribution des événements diffère significativement entre les deux groupes pour les ruptures instrumentales (7.7%) et la perte de longueur de travail supérieure à 2 mm (6,7%) qui sont exclusivement associées au groupe R (figures 3 et 4).



F= fracture instrumentale, PLT= Perte de LT, SI= Surinstrumentation apicale, Z= Zipping.

Fig 3. Répartition des évènements indésirables par canal en fonction des groupes.



Fig 4. Ovalisation du foramen apical d'un canal palatin : zipping (M.0, X1,6).

Discussion : Pour des étudiants inexpérimentés, l'instrumentation manuelle est plus sûre que l'instrumentation rotative en ce qui concerne la rupture instrumentale. Globalement, le nombre d'erreurs est élevé pour les 2 méthodes de mise en forme : 58 et 51% respectivement pour les méthodes de rotation continue et manuelle. Les exigences de la mise en forme canalaire sont multiples : augmentation de diamètre à une longueur précise, homothétie à la forme initiale, respect la perméabilité et de l'intégrité foraminale. Un étudiant inexpérimenté ne peut pas, sur un temps aussi court d'apprentissage, gérer tous ces paramètres.

Cette étude suggère que l'apprentissage de la mise en forme canalaire nécessite de la pratique et de l'expérience au travers d'entraînements propédeutiques spécifiques et approfondis. Les qualités de la rotation continue ne pourront s'exprimer qu'après un temps d'apprentissage et une expérience plus longue que pour la technique manuelle. Ainsi, Cheung et Liu montrent que les étudiants avec plus d'expérience clinique (novices et expérimentés) produisent moins d'évènements indésirables au total. Ils précisent aussi que le taux d'erreurs de procédures est de 19% et 39% respectivement pour la rotation continue et la technique manuelle (81).

La technique manuelle de mise en forme canalaire ne doit pas pour autant disparaître de la formation préclinique. En effet, elle reste indispensable dans toutes les situations cliniques où la rotation continue est contre-indiquée. Les étudiants bénéficient depuis cette expérimentation d'un enseignement théorique et pratique dès la 3^e année, pendant laquelle ils se familiarisent à l'utilisation de la rotation continue pour la mise en forme de canaux simples. Aussi, au cours de leurs soins hospitaliers, ils sont fortement incités à utiliser les instruments endodontiques rotatifs. L'étude de Shen et coll. montre d'ailleurs que l'introduction de la rotation continue dans un service de soins dentaires hospitalier peut se faire avec succès avec un faible taux de fractures. Les ruptures instrumentales se produisent surtout pour les petits diamètres pour lesquels l'usage unique est proposé (83).

II.2.3. LES OPERATEURS EXPERIMENTES ET EXPERTS.

Les omnipraticiens, ont plus d'expérience en soins que les étudiants, et pour autant ce niveau d'expérience n'est pas suffisant pour qu'ils soient considérés comme experts en endodontie. En effet, la qualité des traitements endodontiques varie de 14% à 56,9% lorsqu'ils sont réalisés par les dentistes omnipraticiens, et ces proportions sont identiques à celles relevées pour les traitements réalisés par des étudiants (de 13% à 55,3%) (64).

Acquérir le statut d'expérimenté, puis d'expert est indissociable d'un volume de pratique en endodontie et d'une formation très complète au cours d'enseignements théoriques spécifiques.

Au CHU de Toulouse une formation post universitaire diplômante est proposée au travers du Diplôme Inter Universitaire d'Endodontie (DIUE). Cet enseignement national, sous contrôle du Collège National des Enseignants en Odontologie Conservatrice et Endodontie, s'adresse aux omnipraticiens. Cette formation est proposée dans 6 Unités de Formation et de Recherche (Bordeaux, Marseille, Nantes, Nice, Paris 5°, Toulouse), et se déroule sur 2 années. Cette formation remplit deux objectifs, le premier à court terme en répondant à un besoin individuel de formation continue de spécialité, le second à long terme en répondant à un besoin collectif par la constitution d'un réseau local de compétence. La compétence acquise au long de la formation en endodontie va permettre une amélioration de la qualité des soins produits et par effet de conséquence une amélioration des résultats avec des taux de succès plus élevés variant de 68% à 77,7% pour les traitements réalisés par des chirurgiens dentistes en formation spécifique d'endodontie (84, 85). La compétence ne cesse d'augmenter avec la pratique et l'enrichissement des connaissances, parallèlement, le succès des traitements augmente. Une des rares études portant sur la qualité des traitements endodontiques réalisés par des endodontistes spécialistes montre qu'elle varie de 77,4% à 91% (70). Avec l'expérience, la compétence progresse dans plusieurs domaines : diagnostic, basé sur un examen clinique avisé et une étude minutieuse des clichés radiographiques, thérapeutique et pronostic. La compétence des praticiens expérimentés et experts leur permet de résoudre des problèmes endodontiques de diagnostic et de thérapeutique et c'est à ce titre qu'ils se verront confier des patients par les moins expérimentés. La difficulté du cas et la compétence du praticien doivent donc être évalués simultanément, de manière à décider si le traitement se fera en omnipratique ou chez un endodontiste expérimenté (86). Les besoins en soins de recours en endodontie peuvent être justifiés par la qualité décevante des traitements réalisés par les praticiens généralistes (64), et par une forte prévalence en Europe des LIPOE ($\geq 33\%$) (3, 87) et des LIPOE associées aux traitements (25-53%) (3, 88, 89). Il y a peu d'études descriptives portant sur l'activité d'un expert en endodontie (90, 91) et des besoins de recours des praticiens. Au CHU de Rangueil, une activité de recours en endodontie a été développée par le Professeur Paul Calas†, celle-ci est assurée depuis 2008 par un praticien hospitalier une journée par semaine.

Une étude préliminaire de cette activité de recours avait été menée avec pour objectif principal de décrire le besoin en soin endodontique dans la région toulousaine et secondairement de constituer une base de données des traitements réalisés par un praticien expert en endodontie.

Matériels et méthodes : L'observation de l'activité portait sur 14 mois (janvier 2011-février 2012). Dans un premier temps un descriptif des modalités de prise de rendez-vous et de la gestion du temps de soin a été réalisé. Dans un second temps et à partir du logiciel de prise de rendez-vous informatique, tous les noms et prénoms des patients inscrits ont été relevés dans le respect du secret médical. L'étude des dossiers relevait les différents critères permettant de décrire le patient et la problématique rencontrée, le praticien prescripteur puis la solution thérapeutique apportée (Tableau 3).

Tableau 3. Critères descriptifs relevés dans les dossiers patients.

Patients	Praticiens prescripteurs	Actes endodontiques
Numéro IEP	Nom	Consultation diagnostique
Age	Prénom	Consultation thérapeutique
Sexe	Sexe	Acte endodontique non chirurgical initial
Adresse	Activité	Acte endodontique complet non chirurgical secondaire
Dent concernée	Justification de la prescription	Acte d'endodontie chirurgicale

Résultats : Cette étude descriptive montre que les patients sont préalablement reçus en première consultation au cours de laquelle sont définis un diagnostic, un pronostic et un plan de traitement avec l'accord du patient. A l'issue de ce rendez-vous les patients sont :

- renvoyés chez leurs praticiens pour suite des soins (surveillance, extraction ou abstention).
- programmés pour un nouveau rendez-vous pour la prise en charge endodontique.

Plus exceptionnellement les patients soignés dans le cadre du 2^e et du 3^e cycle, ainsi que ceux de certains praticiens libéraux sont reçus directement pour le geste thérapeutique. Dans la mesure du possible les rendez-vous longs sont privilégiés, 2 heures pour le traitement d'une molaire et 1h30 pour les autres dents. Il arrive cependant que les patients soient revus plusieurs fois pour une même dent. Après chaque soin le praticien reçoit un compte rendu précisant le geste effectué et son évaluation ainsi que la conduite à tenir en terme d'étanchéité coronaire, de surveillance de cicatrisation.

Sur la période évaluée 111 patients sont reçus dans le cadre de l'activité d'endodontie dite personnalisée. Soixante-six patients pour l'année 2011 et quarante-cinq pour les 2 premiers mois de 2011. Les femmes représentent 67,5 % des patients et la moyenne d'âge est de 48,5 ans (ET+/- 14,07). Ils viennent de Midi-Pyrénées pour la plupart (7 départements : Gers, Haute-Garonne, Gers, Lot, Tarn, Tarn et Garonne) et de 2 départements hors région (Aude et Andorre). Les patients issus de Haute-Garonne sont majoritaires (84,7%). Le taux d'absentéisme à la première consultation est de 8% et le délai moyen d'obtention d'un rendez-vous de deux mois. Il n'y a aucun abandon de soin en cours.

Les dents concernées

Les molaires sont les dents les plus souvent prises en charge dans la consultation de recours en endodontie. (Tableau 4).

Tableau 4 . Répartition en pourcentage du type de dents pour lesquelles les patients sont adressés à la consultation hospitalière d'Endodontie.

Incisives	Canines	Prémolaires	Molaires
21,5 (n=26)	5% (n=6)	21,5% (n=26)	52% (n=63)

Les praticiens prescripteurs

Les patients peuvent être adressés en externe par un praticien libéral ou en interne par des personnels soignants du service d'Odontologie hospitalière (Tableau 5). Sur cette période, 28 praticiens libéraux ont fait appel à la consultation d'Endodontie, le plus souvent ils adressent un à deux patients par an (78% des cas), quatre praticiens sont de plus gros prescripteurs avec une moyenne de 7 patients par an. Soixante pour cent des praticiens libéraux prescripteurs sont des femmes.

Tableau 5. Répartition des actes selon l'activité des prescripteurs

Libérale (n=87)	78,4%	Hospitalière (n=24)	21,6%
Omnipraticien (n=71)	81,6%	2° cycle (n=13)	11,7%
Activité exclusive (n=16)	18,4%	3° cycle (n=8)	7,3%
		Activité exclusive (n=3)	2,4%

Les praticiens qui adressent un patient justifient leur demande de différentes façons, classées comme suit :

- Aide à la thérapeutique : canaux non trouvés, canaux minéralisés, butées dans 50% et fracture instrumentale ou perforation dans 4% des cas.

- Aide au diagnostic ou conseil thérapeutique : douleur inexpliquée, retraiter ou ne pas retraiter dans 22% des cas.

- Recherche de compétence : les 24% restants ne présentent aucune difficulté particulière mais sont adressés pour des raisons d'activité de spécialité exclusive (libérale et hospitalière).

Les actes endodontiques effectués

Les consultations peuvent être à visée diagnostique ou thérapeutique si un geste est réalisé : canal trouvé, butée franchie, perméabilisation apicale.

Au cours des rendez-vous de longue durée le soin endodontique est mené jusqu'au terme de l'obturation quelque soit le statut pulpaire (vital, nécrotique ou traitement endodontique) et quelque soit la voie d'abord choisie (coronaire ou apicale) (Figure 5).

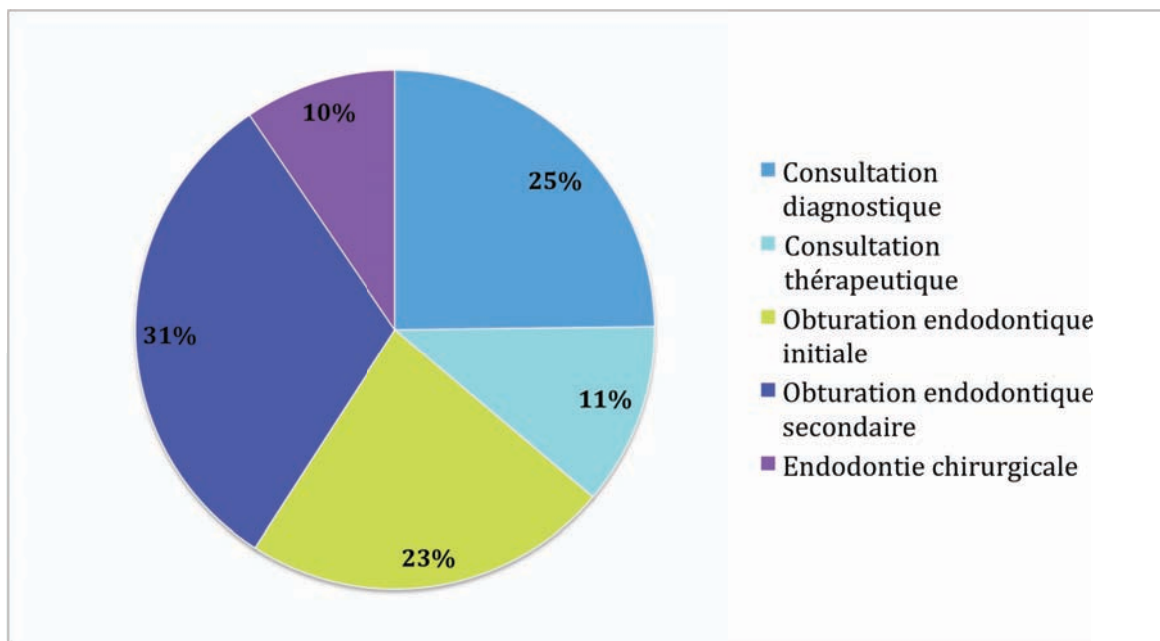


Figure 5. Répartition en pourcentage des actes endodontiques effectués.

Discussion : Cette étude descriptive caractérise quantitativement et qualitativement la réponse faite à un besoin local en soins endodontique; elle ne permet cependant pas de décrire le besoin réel des praticiens de l'agglomération toulousaine. Une enquête complémentaire auprès d'eux serait nécessaire. Tous les dossiers des patients ayant pris rendez-vous à la consultation d'endodontie exclusive n'ont pu être analysés, en effet, 10 patients (8%) ne se sont pas présentés à la première consultation et sans annonce. On peut mettre ceci en relation avec les 2 mois de délai d'attente nécessaire à l'obtention d'un rendez-vous. Tous les patients qui ont honoré la première séance de soin se sont présentés aux rendez-vous suivants, ils sont donc conscients de l'intérêt des soins réalisés. L'activité est en nette augmentation, lors des 2 premiers mois de l'année 2012, 45 patients ont déjà été vus, contre un total de 66 pour l'année 2011 soit déjà deux tiers de l'activité d'un an en 2 mois.

Pour limiter la saturation de l'activité, une consultation dite thérapeutique est effectuée pour les cas simples (11,4%). C'est le cas notamment de la recherche d'entrée canalaire, le plateau technique à disposition dans cette consultation et plus particulièrement le microscope permet souvent un repérage rapide. Un évasement de l'entrée canalaire est alors réalisé, le traitement peut être alors terminé par le praticien libéral référent du patient.

L'analyse de cette activité montre que les praticiens qui adressent en Endodontie sont plus fréquemment des femmes (60,4%), ces résultats sont différents de ceux de Barnes et coll. de 2011 (88) qui montre que 47% des femmes adressent contre 53% des hommes. Les praticiens adressent principalement les patients pour des problèmes d'ordre technique (54%). Pour l'aide au diagnostic, il est important de préciser que dans 6,6% des cas la dent concernée a été jugée comme non conservable. Ceci montre que les praticiens débutent le plus souvent un traitement endodontique sans en avoir réellement pu correctement évaluer la difficulté ; l'activité de l'endodontiste est alors plus complexe car il faut réparer avant de traiter. L'évaluation de la difficulté d'un traitement est très subjective, elle dépend de l'expérience du praticien et des facteurs propres au patient (86). Les outils d'évaluation de la difficulté du traitement endodontique existants, comme les grilles américaines, hollandaises et allemandes sont peu connues et longues à renseigner. De plus, l'efficacité de ces grilles à guider le praticien dans sa démarche thérapeutique n'a pas été démontrée. Ces outils d'évaluation paraissent ainsi peu adaptés à une activité d'omnipratique (92, 93). Cette étude descriptive met en lumière une évolution locale du recours en endodontie. Jusqu'alors les praticiens adressaient les cas cliniques complexes, pour un nouveau traitement sur une dent présentant une LIPOE. Aujourd'hui les cabinets initialement d'omnipratique qui développent une ou plusieurs activités exclusives (Ex : parodontologie/ Implantologie) sont prescripteurs de soins endodontiques simples (biopulpectomie ou retraitement simple). La nature du service rendu par l'activité d'endodontie semble ainsi évoluer parallèlement avec l'apparition d'autres pratiques exclusives. Il serait intéressant de comparer ces résultats à ceux fournis par un questionnaire auprès d'omnipraticiens au sujet de leurs besoins en soins de recours en endodontie. Mais aussi avec ceux des autres consultations nationales hospitalières du même type. Par ailleurs, la constitution de cette base de données va nous permettre d'analyser les résultats à long terme des traitements réalisés dans cette consultation en déterminant les taux de succès et/ou de survie d'une activité d'expert.

Au cours des 10 dernières années, la compétence du spécialiste en endodontie s'est élargie en s'appuyant sur des outils d'assistance au diagnostic et d'assistance opératoire. Un outil d'assistance diagnostic, le Cone Beam Computed Tomography (CBCT) est un examen radiographique en trois dimensions permettant la visualisation des structures anatomiques. Pour l'endodontie le CBCT petit champ est plus adapté. Il est plus sensible que la radiographie rétroalvéolaire pour la détection des lésions inflammatoires d'origine

endodontiques (1,2 à 4 fois plus de lésions détectées) (94, 95, 96), des fractures verticales (97), de détection et de l'extension des résorptions internes et externes (98, 99) et il permet aussi une analyse des éléments anatomiques d'une racine avant une chirurgie (100). Dans l'évaluation de l'activité de recours en endodontie du CHU de Toulouse, cet examen a été prescrit dans 7,6% des cas de consultation diagnostique. Ceci tend à confirmer qu'il s'agit bien d'un examen aux indications limitées et de seconde intention. Il ne doit pas remplacer le cliché rétroalvéolaire décliné en plusieurs incidences (101). Le microscope, outil d'assistance opératoire, apporte confort, grossissement et lumière et permet indirectement une réduction des échecs du traitement endodontique par une meilleure détection des entrées canalaires et la diminution du risque de perforations (102). Il permet aussi la visualisation plus aisée des instruments fracturés, des fêlures ou de toutes atteintes du plancher. Une méta-analyse incluant 14 études montre que la chirurgie endodontique sans aide visuelle ou avec de simples loupes présente un taux de succès inférieur (88%) à celui de la chirurgie réalisée avec le microscope (94%)(103). Enfin l'étude de Kersten et coll. montre que 90% des endodontistes spécialistes utilisent le microscope opératoire pour leurs soins (104).

II.3. LES RISQUES D'ECHECS LIES A L'ACTE.

II.3.1. RESPECT DES PROCEDURES

L'objectif du traitement endodontique est dépendant du diagnostic pulpaire initial : pour une dent infectée, l'objectif est de réduire ou éliminer les bactéries et les tissus organiques et minéraux contaminés (105), pour une dent non infectée, l'objectif est d'éliminer l'intégralité du tissu pulpaire. Dans les deux cas, une mise en forme soignée du canal favorise le travail de l'irrigation et favorise l'étanchéité et la pérennité de l'obturation. Le traitement endodontique doit respecter les parois dentinaires, garantes de la résistance mécanique de la dent et préserver le périapex, site de la cicatrisation. Ces objectifs de court terme doivent converger vers le maintien de la santé périapicale et l'absence de symptomatologie. Comme il est impossible de maîtriser les facteurs d'échecs préopératoires existants comme la présence d'une LIPOE, sa taille et ses complications infectieuses, chaque étape de l'acte endodontique doit faire l'objet de toute l'attention et de toute la maîtrise de l'opérateur dans le cadre imposé par le patient et sa dent.

Le respect des procédures, parfaitement définies notamment par l'ESE, permet de limiter la survenue d'évènements indésirables qui peuvent contribuer à la dégradation de l'état périapical et par conséquent à l'échec du traitement. Avant de démarrer un acte endodontique le patient doit avoir reçu une information claire sur la thérapeutique et ses contraintes, son pronostic et les tarifs pratiqués, afin de donner son consentement éclairé. Ceci ne constitue pas un risque d'échec direct de la thérapeutique en elle-même mais un risque de non adhésion à la poursuite des soins engagés.

II.3.2. PRECISION DU DIAGNOSTIC

Le diagnostic est le préalable à tout geste thérapeutique. En cas d'erreur de diagnostic, la thérapeutique endodontique engagée ne traite pas l'étiologie, ce qui induit un double préjudice par la dégradation inutile d'une dent et la persistance de la pathologie non diagnostiquée. Ainsi, « l'American Association of Endodontists » classe les cas cliniques selon des risques élevés et très élevés respectivement lorsque plusieurs diagnostics sont envisageables ou que le diagnostic est difficilement établi au vue des signes et symptômes confus et complexes (33). L'expertise du praticien pourra diminuer le nombre d'erreur de diagnostic (90, 91). Les évènements indésirables qui peuvent survenir au court du traitement peuvent être classés en fonction de leur terme d'apparition per-opératoire ou post-opératoire.

III.3.3. COMPLICATIONS PER-OPERATOIRES.

La fragilisation de la dent peut être coronaire, par un aménagement de la voie d'accès coronaire non économe en tissus durs, ou radiculaire par la création de perforation.

III.3.3.1. Perforations

Les perforations peuvent concerner le plancher ou la racine à différents niveaux. Elles sont au niveau radiculaire la complication des butées et fausses routes. Les perforations ne sont pas les erreurs les plus fréquemment retrouvées. Chez les opérateurs novices elles varient de 2% à 10% (58, 64, 67, 68) et sont plus fréquemment décrites dans la zone apicale en association avec les courbures radiculaires (56). Une perforation peut aussi être produite lors de la mise en forme canalaire rétrograde par l'utilisation d'ultra-sons. Pour limiter les risques de perforation en présence de canaux courbes ou minéralisés, il est recommandé d'évaser l'entrée canalaire pour un meilleur accès apical. Dans ce contexte, l'aménagement de l'entrée canalaire est une des clés de la réussite de la préparation et du traitement. Les forets de Gates, très longtemps utilisés pour réaliser cet évasement, engendrent, s'ils sont utilisés de façon séquentielle, une fragilisation importante des parois internes des racines grêles. Pour y remédier, la technique du « crown-down » est recommandée pour ces forets (106). La plupart des systèmes de mise en forme en Nickel-Titane (Ni-Ti) sont aussi basés sur le concept du « crown-down », ils proposent l'utilisation d'évaseurs, instruments de forte conicité, permettant de réaliser l'aménagement coronaire des voies d'accès canalaire. Pour les dents pluriradiculées, l'utilisation d'évaseurs, lorsqu'elle se fait au détriment des parois proximales les plus fines, augmente le risque de stripping puis de perforation. Peu d'études sont consacrées à l'action spécifique de ces évaseurs en Ni-Ti. Ces évaseurs permettent-ils de respecter l'homothétie canalaire. Facilitent-ils les phénomènes d'usure latérale iatrogène ou « stripping ».

Une étude expérimentale a été menée au CHU de Toulouse (107), son objectif principal était d'évaluer et de comparer les conséquences de l'utilisation de deux évaseurs Nickel Titane, ENDOFLARE® (Micro Méga, Besançon, France) et QUANTEC FLARE LX® (Analytic Endodontics, Glendora, Californie, USA) sur la dentine corono-radiculaire. Secondairement l'influence du geste d'appui pariétal sur cette dentine avait été aussi analysée. Ce travail tentait ainsi de répondre aux interrogations des cliniciens sur l'intérêt d'un nouvel instrument préconisé par les fabricants pour un usage systématique dans le traitement endocanalaire.

Matériels et méthodes : Cette étude avait été menée au sein du département d'Odontologie Conservatrice et Endodontie, en collaboration avec le Dr Aline Sinan (Abidjan, Cote D'Ivoire) Dr Diemer Franck (Toulouse, France). Vingt racines mésiales de premières molaires mandibulaires présentant 2 canaux distincts étaient préparées selon la technique de Bramante et coll. modifiée (108). Deux groupes homogènes étaient constitués en tenant compte de la longueur du canal et de sa courbure (angle et rayon) : Groupe A, ENDOFLARE® et Groupe B, QUANTEC FLARE LX®. Les deux instruments comparés ont une pointe inactive, une conicité de 12% et un diamètre de pointe de # 25. Ils diffèrent par le profil et la longueur de pas. Ils étaient utilisés en rotation continue aux vitesses recommandées par les fabricants (350 rpm pour le Endoflare et 340 rpm pour le Quantec). Sous loupes binoculaires (64x), des photographies étaient réalisées initialement (P0), après le passage centré de l'évaseur (P1) et après le passage avec appui pariétal de l'évaseur (P2). Une irrigation était réalisée entre chaque passage instrumental avec 10 mL d'hypochlorite de sodium à 3,5%. Le critère d'évaluation choisi était le centre de masse ou centre de gravité du canal, déterminé grâce au logiciel Adobe Photoshop®5.0. Les images P0, P1 et P2 étaient ensuite superposées pour évaluer le déplacement du centre de masse quantitativement (mm) et qualitativement (mésial, distal, externe, interne). Les données ont été analysées à l'aide des tests d'égalité de la variance, de Fischer et de Wilcoxon ($p < 0,05$).

Résultats : L'analyse d'images montre que pour chaque instrument, le centre de gravité ou centre de masse du canal se déplace très peu, en moyenne de 0,166 mm sans appui pariétal et de 0,274 mm avec appui, lorsqu'il se déplace c'est, dans la majorité des cas (85,7%), en direction mésiale. Les deux instruments se comportent de façon identique que ce soit avec ou sans appui (respectivement $p=0,9304$, $p=0,3497$). Aucune amorce de fausse route ou création de butée n'est observée et les instruments ne présentent aucune zone de dévissage ou signe de fragilisation. (Tableau 6 ; Figures 6 et 7).

Tableau 6. Déplacements quantitatifs moyens du centre de gravité du canal après évasement sans appui pariétal (F1,Q1) et coronaire avec (F2, Q2) F : Endoflare®-Q : Quantec Flare LX®

Déplacements	F1	Q1	F2	Q2
Moyenne (mm)	0,168 (SD +/- 0,089)	0,164 (SD +/- 0,067)	0,276 (SD +/- 0,160)	0,271 (SD +/- 0,128)
	p=0,3497		p=0,9304	

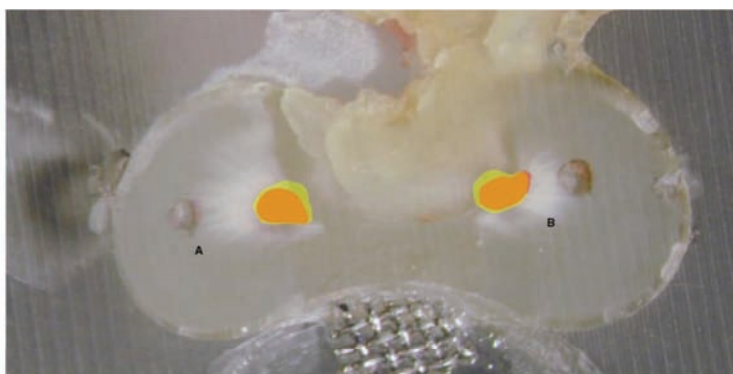


Fig 6. Coupes transversales radicaires et superposition des surfaces canalaire avant et après le passage de l'Endoflare®.

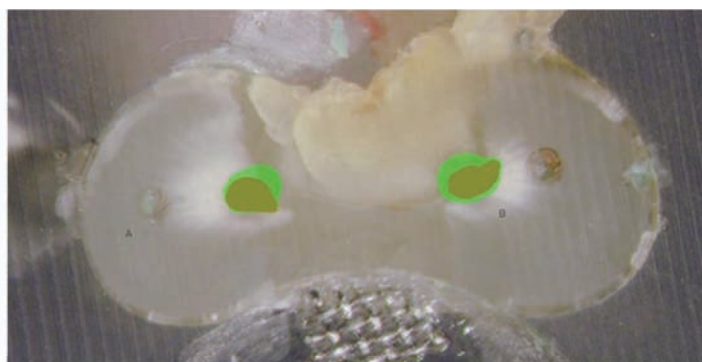


Fig 7. Coupes transversales radicaires et superposition des surfaces canalaire avant et après le passage avec appui pariétal de l'Endoflare®.

Discussion : Dans les limites fixées par les conditions de l'étude, c'est-à-dire sur des racines traitées in vitro, après section des couronnes, l'utilisation des évaseurs Endoflare[®] et Quantec Flare LX permet d'assurer, lors de la préparation des canaux mésiaux des molaires inférieures, un évasement coronaire du canal sans déplacement majeur du centre de masse. Le respect de l'homothétie canalaire, l'absence de fracture instrumentale et d'erreur iatrogène témoignent de la sécurité de ces instruments. Ces nouveaux instruments apportent une diminution du risque de fragilisation des parois canalaire coronaires dans le cadre de la préparation en « crown-down ». Les différentes étapes du traitement endodontique : voie d'accès, mise en forme, irrigation NaOCl/EDTA, obturation et reconstitution corono-radiculaire, contribuent à fragiliser et à limiter la résistance mécanique de la dent et peut aboutir à une fracture à plus long terme (109). Tang et coll. proposent, pour limiter la fragilisation peropératoire de la dent, que le praticien prenne en considération pendant sa procédure thérapeutique d'une certaine économie tissulaire coronaire et radiculaire, qu'il limite l'association EDTA /NaOCl à la fin du traitement, qu'il évite de trop fortes pressions au moment de l'obturation notamment en condensation latérale à froid et de proposer une restauration coronaire collée si les parois résiduelles le permettent (109).

III.3.3.2. Etanchéité et perméabilité

La mise en forme participe activement à l'élimination des microorganismes. Le respect des procédures avec, la mise en place du champ opératoire, et l'utilisation d'instruments stériles, évite la contamination bactérienne peropératoire (110). Au cours de la mise en forme, les différents événements indésirables comme les butées, les fausses routes et les instruments fracturés, vont contribuer à la difficulté de perméabilisation apicale. Celle-ci est pourtant indispensable à une élimination complète des tissus pulpaire et de microorganismes endocanalaire (105). L'absence de perméabilité apicale contribue ainsi indirectement à la réduction par deux du succès thérapeutique (11). Le respect des procédures, des séquences instrumentales et l'anticipation de la difficulté et l'expérience de l'opérateur, devraient contribuer à réduire ses événements indésirables.

L'étanchéité canalaire et coronaire limite la pénétration de nouveaux microorganismes et à pérenniser le nettoyage effectué pendant le traitement, par le scellement de l'endodonte. La qualité radiographique de l'obturation canalaire semble avoir une influence sur le succès des traitements initiaux (37). En considérant l'étanchéité, les critères radiographiques attendus sont, pour tous les canaux perméabilisables, une densité et une conicité optimale.

L'étape finale du traitement endodontique doit faire l'objet de toutes les attentions, du choix de la technique au choix des matériaux les plus performants. L'interface dentine-ciment de scellement joue un rôle majeur dans l'augmentation de l'étanchéité de l'obturation. En effet, le ciment a la capacité de pénétrer dans les zones canalaire inaccessibles à la gutta percha. De nouveaux ciments de scellements endocanalaire de compositions différentes apparaissent régulièrement sur le marché. Il est important de décrire leur comportement lors de mise en situation sur modèles expérimentaux *in vitro*. La pénétration tubulaire a été démontrée comme étant identique sur des modèles *in vitro* et *in vivo*. La description préalable des différents ciments existant, au travers d'une étude de la littérature, a été récemment publiée (111). Pour éclairer le choix du ciment de scellement répondant aux meilleures qualités en terme d'étanchéité une étude expérimentale avait été réalisée (112). Son objectif était d'évaluer et de comparer la pénétration dans les tubuli dentinaires de 5 ciments de scellement endocanalaire de classes différentes : Un ciment oxyde de zinc eugénol (Endobtur®, Septodont, Saint Maur, France), un ciment verre ionomère (KetacEndo® , Espe, Seefeld, Germany), un ciment à la résine époxy (AH Plus®, Densply/De Trey, Konstanz, Germany), un ciment époxy à l'hydroxyde de calcium (Acroseal®, Septodont, Saint Maur, France) et un ciment polydiméthylsiloxane (Roeko Seal Automix RSA®).

Matériels et méthodes : Cinquante-deux dents monocanalaire fraîchement extraites avaient été choisies. Après la section coronaire et la détermination de la longueur de travail, les canaux étaient préparés par le même opérateur (E. Balguerie) respectant la séquence jaune pour les canaux difficiles du système Hero Shaper® (Micro-Mega, Besançon, France). Afin de potentialiser l'élimination de l'enduit pariétal, la préparation était associée à une irrigation de 2mL de solution de NaOCl à 3% entre chaque instrument et achevée par un rinçage final de 3mL d'une solution d'EDTA à 15% suivi d'une solution 5mL de NaOCl à 3%. Les dents avaient été réparties en 6 groupes, les 5 premiers (n=10 x5) selon le ciment de scellement endocanalaire utilisé et le dernier comme groupe contrôle sans obturation (n=2). Les dents étaient obturées selon la technique de gutta sur tuteur du système Herofill® (Micro-Mega, Besançon, France). Après inclusion dans la résine (Synolite 0328-A1; Gaches Chimie, Toulouse, France), les échantillons étaient coupés transversalement au niveau des tiers apical, moyen et coronaire respectivement à 2, 5 et 8 mm de la longueur de travail. Ils avaient été examinés au MEB du laboratoire de Physique et de Chimie des Nanos Objets de l'INSA de Toulouse (images à X500 et

X1500) et une photographie avait été réalisée pour chaque coupe dans la zone d'observation la plus exploitable. Pour chaque photographie la valeur minimale et la valeur maximale de profondeur de pénétration du ciment avaient été relevées par deux observateurs préalablement calibrés. La valeur moyenne de pénétration de chaque niveau de coupe avait été ainsi calculée. Les résultats obtenus avaient été traités statistiquement selon l'analyse de la variance et le test de Fisher ($p < 0,05$).

Résultats : L'analyse des données montre que le KetacEndo® est le seul ciment à ne pas pénétrer dans les tubuli. Dans le tiers apical, seul AH Plus® pénètre les tubuli. Dans les deux tiers coronaire Acroseal® et AH Plus® présentent les meilleurs résultats statistiquement significatifs, viennent ensuite Endobtur® et RSA® (Figure 8).

Discussion : Les meilleurs résultats de pénétration sont obtenus avec les résine époxy AH Plus ® et Acroseal®. Ces résultats sont comparables à ceux de Kokkas et coll. (113) utilisant l'obturation verticale à chaud, autre technique assurant une forte poussée sur le ciment de scellement. Les propriétés chimiques et physiques du ciment, telles que la tension superficielle et la taille des particules, influencent directement la capacité de celui-ci à pénétrer les tubuli dentinaires. D'autres facteurs majeurs peuvent influencer cette pénétration comme le tiers radiculaire concerné, la minéralisation tubulaire, la qualité du nettoyage et de l'antisepsie canalaire, ainsi que la technique d'obturation. Le ciment de scellement potentialise l'étanchéité des traitements endodontiques et contribue à sa réussite. Cette étude permet d'éclairer les praticiens dans leurs choix et les incite à utiliser les ciments les plus aptes à pénétrer dans les tubuli et surtout dans le tiers apical, comme ceux à base de résine époxy.

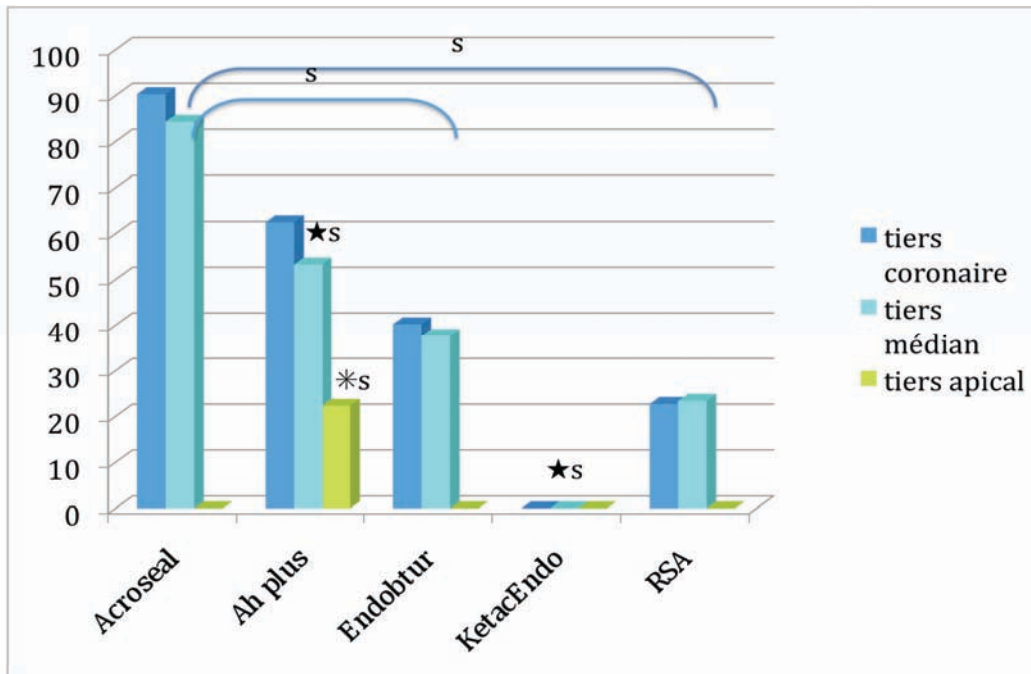


Figure 8. Pénétration tubulaire médiane du ciment en fonction du tiers concerné (en μm).
S: différence statistique significative au sein des différents tiers

Une fois l'obturation canalaire réalisée, il faut mettre en place une obturation coronaire répondant elle aussi au caractère d'étanchéité. La qualité de l'obturation coronaire est caractérisée par une absence de hiatus au niveau des joints avec les parois dentaires résiduelles et par la résistante dans le temps de cet état. Ng et coll. (11, 37) montrent que le succès peut être 11 fois supérieur avec une obturation coronaire de qualité. La restauration coronaire définitive devra rapidement être réalisée en cohérence avec l'état de délabrement de la dent. La recherche de l'étanchéité concerne aussi le traitement endodontique chirurgical qui devra associer une section perpendiculaire à l'axe principal de la dent pour exposer un nombre réduit de tubuli et une obturation suffisamment profonde de tous les canaux accessibles apicalement. Toutes les étapes de la procédure du traitement canalaire ont une importance dans le succès à long terme.

III. CONCLUSION.

L'échec du traitement endodontique a été préalablement défini comme l'apparition, la persistance ou l'aggravation de la lésion inflammatoire périapicale d'origine endodontique. Les nombreux facteurs généraux et locaux, impliqués à différents degrés dans l'échec du traitement endodontique ont été identifiés. La connaissance de ces différents facteurs permet d'établir un pronostic du traitement relatif au rapport de succès/échec. Récemment il a été montré que la LIPOE est impliquée dans certaines pathologies cardiovasculaires, métaboliques. Ainsi, l'indication du traitement et les modalités de prise en charge doivent être posées en tenant compte du rapport bénéfice/risque inhérent au pronostic thérapeutique et à l'état général du patient.

Ce travail rassemble des données bibliographiques et expérimentales qui montrent que le succès du traitement endodontique peut être influencé par le patient au travers de la coopération, des pathologies générales et locales mais aussi des particularités anatomiques de la dent, sa position, ses antécédents thérapeutiques et pathologiques. Ce sont autant de facteurs que le praticien ne peut maîtriser et avec lesquels il doit composer.

On peut noter que la plupart des études qui ont permis d'établir les liens existant entre les facteurs d'échec du traitement endodontique et la LIPOE, ont diagnostiqué la LIPOE à partir de clichés rétroalvéolaires ou de panoramiques dentaires. Or, il a été montré que ces examens complémentaires minimisent la prévalence des LIPOE ce qui peut mettre en doute la réalité des résultats obtenus et minimiser l'intérêt des préconisations. La tomographie volumique à faisceau conique plus précise dans la détection des LIPOE, ne peut cependant pas être prescrite systématiquement. Il y a donc un réel besoin d'études cliniques complémentaires pour continuer à faire évoluer les connaissances actuelles. Au CHU de Toulouse, l'étude de la maîtrise du stress au cours d'acte chirurgicaux par prémédication sédatrice se poursuit.

Même si toutes les interactions de la LIPOE ne sont pas connues, son origine bactérienne est une certitude. Ainsi, limiter le risque d'échec passe par une connaissance, un respect et une mise en oeuvre stricte des procédures visant à éliminer les microorganismes. Les praticiens experts et les étudiants du diplôme inter-universitaire d'endodontie appliquent avec beaucoup de rigueur ces procédures. Les étudiants y sont sensibilisés ainsi qu'aux objectifs du traitement canalaire mais ils doivent encore

développer leurs compétences diagnostique et technique. Dans un intérêt pédagogique et pour sécuriser le traitement canalaire, nous avons envisagé de développer une grille d'évaluation de la difficulté des cas cliniques basée sur les 3 points clés : Infection, Perméabilité et Etanchéité.

Les études expérimentales et cliniques de ce travail s'inscrivent dans une démarche qualité de certification hospitalière, aussi faut-il proposer maintenant des améliorations des pratiques en rapport avec les résultats obtenus pour une meilleure maîtrise du risque d'échec du traitement endodontique. Une évaluation récemment menée au CHU de Toulouse a mis en évidence un délai de réalisation de l'étanchéité coronaire indirecte post endodontique anormalement long. Ce délai étant incohérent avec un succès thérapeutique, des réunions pluridisciplinaires ont été mises en place pour définir au plus tôt le projet prothétique global et pouvoir ainsi réaliser au fur et à mesure les reconstitutions coronaires en cohérence avec la réhabilitation prothétique. De nouvelles pratiques pourraient être aussi envisagées, basées sur le maintien de la vitalité pulpaire, comme les pulpotomies basses ou partielles. Elles doivent impérativement être associées à une surveillance stricte de la conservation de la vitalité pulpaire.

Toutes les informations recueillies dans ce travail sur les facteurs de risques d'échec du traitement endodontique contribuent à mettre en œuvre des mesures préventives destinées à limiter le risque d'échec du traitement endodontique.

IV. REFERENCES

1. Lupi-Pegurier L, Bertrand MF, Muller-Bolla M, Rocca JP, Bolla M. Periapical status, prevalence and quality of endodontic treatment in an adult French population. *Int Endod J*. 2002;35:690-7.
2. Boucher Y, Matossian L, Rilliard F, Machtou P. Radiographic evaluation of the prevalence and technical quality of root canal treatment in a French subpopulation. *Int Endod J*. 2002;35:229-38.
3. Lopez-Lopez J, Jane-Salas E, Esturgo-Devesa A, Castellanos-Cosano L, Martin-Gonzales J, Velasco-Ortega E, Segura-Egea JJ. Frequency and distribution of root-filled teeth and apical periodontitis in an adult population of Barcelona, Spain. *Int Dent J*. 2012;62:40-6.
4. Marton IJ. How does the periapical inflammatory process compromise general health? the periapical inflammatory process: systemic and local manifestations-introduction. *Endod Topics*. 2004;8:3-14.
5. Cotti E, Dessi C, Piras A, Flore G, Deidda M, Madeddu C, Zedda A, Longu G, Mercurio G. Association of endodontic infection with detection of an initial lesion to the cardiovascular system. *J Endod*. 2011;37:1624-9.
6. Cotti E, Dessi C, Piras A, Mercurio G. Can a chronic dental infection be considered a cause of cardiovascular disease? A review of the literature. *Int J Cardiol*. 2011;148:4-10.
7. Caplan DJ, Chasen JB, Krall EA, Cai J, Kang S, Garcia RI, Offenbacher S, Beck JD. Lesions of endodontic origin and risk of coronary heart disease. *J Dent Res*. 2006;85:996-1000.

8. Caplan DJ, Pankow JS, Cai J, Offenbacher S, Beck JD. The relationship between self-reported history of endodontic therapy and coronary heart disease in the Atherosclerosis Risk in Communities Study. *J Am Dent Assoc.* 2009;140:1004-12.
9. Frisk F, Hakeberg M, Ahlqwist M, Bengtsson C. Endodontic variables and coronary heart disease. *Acta Odontol Scand.* 2003;61:257.
10. Frisk F. Epidemiological aspects on apical periodontitis: studies based on the prospective population study of women in Göteborg and the population study on oral health in Jonkoping, Sweden. Göteborg, Sweden: Department of Endodontology/Oral Diagnosis Institute of Odontology, The Sahlgrenska Academy, Goteborg University; 2007.
11. Ng YL, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment : Part 1 periapical health. *Int Endod J.* 2011;44:583-609.
12. Hennequin M, Faulks D, Roux D. Accuracy of estimation of dental treatment need in special care patients. *J Dent.* 2000;28 :131-6.
13. Alsaleh I, Cousson PY, Nicolas E, Hennequin M. Is endodontic treatment performed under general anaesthesia technically acceptable ? *Clin Oral Investig.* 2011 published online first Dec.
14. Nicolas E, Collado V, Faulks D, Bullier B, Hennequin M. A national cross-sectional survey of dental anxiety in the French adult population. *BMC Oral Health.* 2007;10:7-12.
15. Hargreaves KM, Keiser K. Local anesthetic failure in endodontics: mechanisms and management (a review). *Endod Topics* 2002;1:26-39.

16. Khasar SG, Dina OA, Green PG, Levine JD. Sound stress-induced long-term enhancement of mechanical hyperalgesia in rats is maintained by sympathoadrenal catecholamines. *J Pain*. 2009;10:1073-1077.
17. Georgelin-Gurgel M, Diemer F, Nicolas E, Hennequin M. Surgical and non surgical endodontic treatment-induced stress. *J Endod*. 2009;35:19-22.
18. LeClaire AJ, Skidmore AE, Griffin JA Jr, Balaban FS. Endodontic fear survey. *J Endod*. 1998;14:560-4.
19. Woda A, Hennequin M. The place of sedation in dentistry: controlling acute pain by local anesthesia is not the end of the story. *J Orofac Pain*. 2011;25:97-8.
20. Dalhen G, Haapasalo M. Microbiology of apical periodontitis, in : Essential endodontology, prevention and treatment of apical periodontitis, Orstavik D and Pittford TR. Eds, Blackwell Science. 1998:106-130.
21. Marending M, Peters OA, Zehnder M. Factors affecting the outcome of orthograde root canal therapy in a general dentistry hospital practice. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2005;99:119-24.
22. Quesnell BT, Alves M, Hawkinson RW jr, Johnson BR, Wenckus CS, Be Gole EA. The effect of human immunodeficiency virus on endodontic treatment outcome. *J Endod*. 2005;31:633-6.
23. Shetty K, Garcia J, Leigh. Success of root canal therapy in HIV-positive patients. *General Dentistry*. 2006;54:97-402.
24. Kalpakcioglu BB, Engelke K, Genant HK. Advanced imaging assessment of bone fragility in glucocorticoid-induced osteoporosis. *Bone*. 2011;48:1221-31.

25. Cottreel L, Lasfargue JJ, Laboux O. Pratique endodontique et patients à risque infectieux (II). *Réalités Cliniques*. 2006;17:259-274.
26. Lalla E, Papapanou PN. Diabetes mellitus and periodontitis : a tale of two common interrelated disease. *Nat Rev Endocrinol*. 2011;28:738-48.
27. Wang CH, Chueh LH, Chen SC, Feng YC, Hsiao CK, Chiang CP. Impact of diabetes mellitus, hypertension, and coronary artery disease on tooth extraction after nonsurgical endodontic treatment. *J Endod*. 2011;37:1-5.
28. Marotta PS, Fontes TV, Armada L, Lima KC, Rôças IN, Siquiera JF jr. Type 2 Diabetes mellitus and the prevalence of apical periodontitis and endodontic treatment in an adult Brazilian population. *J Endod*. 2012;38:297-300.
29. Hommez GM, Meerleer GO, De Neve WJ, De Moor RJ. Effect of radiation dose on the prevalence of apical periodontitis-a dosimetric analysis. *Clin Oral Investig*. 2012. Published online first Jan.
30. Segura-Egea JJ, Castellanos-Cosano L, Velasco-Ortega E, Rios-Santos JV, Llamas-Carreras JM, Machuca G, Lopez-Frias FJ. Relationship between smoking and endodontic variables in hypertensive patients. *J Endod*. 2011;37:764-7.
31. Doyle SL, Hodges JS, Pesun IJ, Baisden MK, Bowles WR. Factors affecting outcomes for single-tooth implants and endodontic restorations. *J Endod*. 2007;33:399-402.
32. Lopez-Lopez J , Jane-Salas E, Martin-Gonzales J, Castellanos-Cosano L, Llamas-Carreras JM, Segura-Egea JJ. Tobacco smoking and radiographic periapical status: a retrospective case-control study. *J Endod*. 2012;38:584-8.

33. American Association of Endodontists. Case difficulty assessment form and guidelines. <http://www.aae.org/guidelines>. [Consulté le 14 mai 2012].
34. Kumar S, Satheesh P, Savadi RC. Gagging. N Y State Dent J. 2011;77:22-7.
35. Winocur E, Uziel N, Lisha T, Goldsmith C, Eli I. Self-reported bruxism - associations with perceived stress, motivation for control, dental anxiety and gagging. J oral rehab. 2011;38:3-11.
36. Ng YL, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of non-surgical root canal treatment - part 2: tooth survival. Int Endod J, 2011;44:610-625.
37. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsy J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment systematic review of literature-Part 2. Influence of clinical factors. Int Endod J. 2008;41:6-31.
38. Nair PN. On the causes of persistent apical periodontitis: a review. Int Endod J. 2006;39:249-81.
39. Givol N, Rosen E, Taicher S, Tsesis I. Risk management in endodontics. J Endod. 2010;36:982-4.
40. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1984;58:589-99.
41. Nattress BR, Martin DM. Predictability of radiographic diagnosis of variations in root canal anatomy in mandibular incisor and premolar teeth. Int Endod J. 1991;24:58-62.
42. Ricucci D, Siqueira JF Jr. Anatomic and microbiologic challenges to achieving success with endodontic treatment: a case report. J Endod. 2008;34:1249-54.

43. Cheung LH, Cheung GS. Evaluation of a rotary instrumentation method for C-shaped canals with micro-computed tomography. *J Endod.* 2008;34:1233-38.
44. Toure B, Kane AW, Sarr M, Wone MM, Fall F. Prevalence of taurodontism at the level of the molar in the black Senegalese population 15 to 19 years of age. *Odontostomatol Trop.* 2000;23:36-9.
45. Gupta SK, Saxena P, Jain S, Jain D. Prevalence and distribution of selected developmental dental anomalies in an indian population. *J Oral Sci.* 2011;53:231-8.
46. Montasser MA, Taha M. Prevalence and distribution of dental anomalies in orthodontic patients. *Orthodontics.* 2012;13:52-9.
47. Alani A, Bishop K. Dens invaginatus. Part 1: classification, prevalence and aetiology. *Int Endod J.* 2008;41:1123-36.
48. Lichota D, Lipski M, Wozniak K, Buczkowska-Radlinska J. Endodontic treatment of a maxillary canine with type 3 dens invaginatus and large periradicular lesion: a case report. *J Endod.* 2008;34:756-58.
49. Chaparro-Gonzalez NT, Leidenz-Bermudez JS, Gonzalez-Molina EM, Padilla-Olmedillo JR. Multiple bilateral taurodontism. A case report. *J Endod.* 2010;36:1905-7.
50. Marques-da-Silva B, Baratto-Filho F, Abuabara A, Moura P, Losso EM, Moro A. Multiple taurodontism : the challenge of endodontic treatment. *J Oral Sci.* 2010;52:653-8.
51. Solomonov M, Paqué F, Fan B, Eilat Y, Berman LH. The challenge of C-shaped Canal systems : A comparative study of the Self-Afjusting File and Protaper. *J Endod.* 2012;38:209-14.

52. Paqué F, Balmer M, Attin T, Peters OA. Preparation of oval-shaped root canals in mandibular molars using nickel titanium rotary instruments: a micro-computed tomography study. *J Endod.* 2010;36:703-7.
53. Xin X, Cheung GS, Zhang C, Masuda YM, Kimura Y, Matsumoto K. Micro-computed tomographic comparison of nickel titanium rotary versus traditional instruments in C-shaped root canal system. *J Endod.* 2010;36:708-12.
54. Schneider SW. A comparison of canal preparation in straight and curved canals. *Oral Surg.* 1971;32:271-5.
55. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL jr. Cyclic fatigue testing of Nickel titanium endodontic instruments. *J Endod.* 1997;23:77-85.
56. Schäffer E, Dammaschke T. Development and sequelae of canal transportation. *Endod Topics.* 2009;15:75-90.
57. Martin B, Zelada G, Varela P, Bahillo JG, Magan F, Ahn S, Rodriguez C. Factors influencing the fracture of nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J.* 2003;36:262-6.
58. Eleftheriadis GI, Lambrianidis TP. Technical quality of root canal treatment and detection of iatrogenic errors in an undergraduate dental clinic. *Int Endod J.* 2005;38:725-734.
59. Laurichesse JM, Maestroni F, Breillat J. *Endodontie Clinique.* Edition cdp. 1986:5-27.
60. Gogal R, Chandler NP, Oginni AO. Pulp stones: a review. *Int Endod J.* 2008;4:457-468.
61. Rostein I, Simonh JH. The endo-perio lesion: a critical appraisal of the disease condition. *Endod Topics.* 2006;13:34-56.

62. Hargreaves KM, Goodis HE. Seltzer and bender's dental pulp. Quintessence Publishing. 2002: 429-447.
63. Ng YL, Mann V, Gulabivala K. Outcome of secondary root canal treatment a systematic review of the literature. *Int Endod J.* 2008;41:1026-46.
64. Khabbaz MG, Protogerou E, Douka E. Radiographic quality of root fillings performed by undergraduate students. *Int Endod J.* 2010;43:199-508.
65. Santos SM, Soares JA, Costa GM, Brito-Junior M, Moreira AN, de Magalhaes CS. Radiographic parameters of quality of root canal fillings and periapical status: a retrospective cohort study. *J Endod.* 2010;36:1932-7.
66. Hayes SJ, Gibson M, Hammond M, Bryant ST, Dummer PMH. An audit of root canal treatment performed by undergraduate students. *Int Endod J.* 2001;34:501-5.
67. Kfir A, Rosenberg E, Zuckerman O, Tamse A, Fuss Z. Comparison of procedural errors resulting during root canal preparations completed by junior dental students in patients using an '8-step method' versus 'serial step-back technique. *Int Endod J.* 2003;36:49-53.
68. Balto H, Khalifah Sh , Al-Mugairin S, Deeb M, Al-Madi E. Technical quality of root fillings performed by undergraduate students in Saudi Arabia. *Int Endod J.* 2010;43:292-300.
69. European Society of Endodontology. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report for the european society of endodontology. *Int Endod J.* 2006;39:921-30.

70. Bierenkrant DE, Parashos P, Messer HH. The technical quality of nonsurgical root canal treatment performed by a selected cohort of Australian endodontists. *Int Endod J*. 2008;41:561-70.
71. Fouad AF, Burleson J. The effect of diabetes mellitus on endodontic treatment outcome: data from an electronic patient record. *J Am Dent Assoc*. 2003;134:43-51.
72. Frisk F, Hugoson A, Hakeberg M. Technical quality of root fillings and periapical status in root filled teeth in Jönköping, Sweden. *Int Endod J*. 2008;41:958-68.
73. Georgelin-Gurgel M, Nicolas E, Fourcade L, van der Sluis L, Hennequin M. Long term success and survival rate of endodontic treatments performed by undergraduate students. *J Endod* soumis pour publication.
74. Sjögren U, Hägglund B, Sundquist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod*. 1990;16:498-504.
75. Heling B, Tamshe A. Evaluation of the success of endodontically treated teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1970;30:533-6.
76. Benenati FW, Khajotia SS. A radiographic recall evaluation of 894 endodontic cases treated in a dental school setting. *J Endod*. 2002;28:391-5.
77. De Quadros I, Gomes B, Zaia A, Ferraz C, Souza-filho F.J. Evaluation of endodontic treatments performed by students in a brazilian dental school. *J Dent Educ*. 2005;69:1161-70.
78. Setzer FC, Boyer KR, Jeppson JR, Karabucak B, Kim Syngcuk. Long term prognosis of endodontically treated teeth: A retrospective analysis of preoperative factors in molars. *J Endod*. 2001;37:21-5.

79. Ng YL, Mann V, Gulabivala K. Tooth survival following non surgical root canal treatment : a systematic review of literature. *Int Endod J.* 2010;43:171-189.
80. Parashos P, Messer HH. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. *J Endod.* 2006;32:1031-43.
81. Cheung GS, Liu CS. A retrospective study of endodontic treatment outcome between nickel-titanium rotary and stainless steel hand filing techniques. *J Endod.* 2009;35:938-43.
82. Georgelin-Gurgel M, Devillard R, Lauret ME, Diemer F, Calas P, Hennequin M. Root canal shaping using rotary nickel-titanium files in preclinical teaching. *Odontostomatol Trop.* 2008;31:5-11.
83. Shen Y, Coil JM, Haapasalo M. Defects in nickel-titanium instruments after clinical use. Part 3: a 4-year retrospective study from an undergraduate clinic. *J Endod.* 2009;35:193-6.
84. Penesis VA, Fitzgerald PI, Fayad MI, Wenckus CS, BeGole EA, Johnson BR. Outcome of one-visit and two-visit endodontic treatment of necrotic teeth with apical periodontitis: a randomized controlled trial with one-year evaluation. *J Endod.* 2008;34:251-7.
85. Chugal NM, Clive JM, Spangberg LS. A prognostic model for assessment of the outcome of endodontic treatment: Effect of biologic and diagnostic variables. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001;91:342-52.
86. Messer HH. Clinical judgement and decision making in endodontic. *Aust Endod J.* 1999;25:124-32.
87. Loftus JJ, Keating AP, McCartan BE. Periapical status and quality of endodontic treatment in an adult Irish population. *Int Endod J.* 2005;38:81-6.

88. Peter LB, Lindeboom JA, Wesselink PR. Prevalence of apical periodontitis relative to endodontic treatment in an adult Dutch population: a repeated cross-sectional study. *Oral surg Oral Med Pathol Oral Radiol Endod.* 2011;111:523-8.
89. Sunay H, Tanalp J, Dikbas I, Bayirli G. Cross sectionnal evaluation of the periapical status and quality of root canal treatment in a selected population of urban Turkish adults. *Int Endod J.* 2007;40:139-45.
90. Barnes JJ, Patel S, Mannocci F. Why do general dental practitioners refer to a specific specialist endodontist in practice? *Int Endod J.* 2011;44:21-32.
91. Peciulien V, Rimkuvienė J, Manelien R, Drukteinis S. The need and reasons for referrals to specialists among lithuanian general dentists. *Medicina.* 2010;46 :611-5.
92. Muthukrishnan A, Owens J, Bryant S, Dummer PMH. Evaluation of a system for grading the complexity of a root canal treatment. *Br Dent J.* 2007;202:e26. Online article.
93. Ree MH, Timmerman MF, Wesselink PR. An evaluation of the usefulness of two endodontic case assessment forms by general dentists. *Int Endod J.* 2003;36:545-55.
94. Patel S, Dawood A, Manocci F, Wilson R, Pitt Ford T. Detection of periapical bone defectes in human jaws using cone beam computed tomography and intraoral radiography. *Int Endod J.* 2009;42:507-15.
95. Estrela C, Bueno MR, Leles CR, Azevedo B, Azevedo JR. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiographic for detection of apical periodontitis. *J Endod.* 2008;34:273-9.

96. de Paula-Silva FW, Wu MK, Leonardo MR, da Silva LA, Wesselink PR. Accuracy of periapical radiography and cone beam computed tomography scans and diagnosing apical perodontitis using histopathological as a gold standard. *J Endod.* 2009;35:1009-12.
97. Hassan B, Metzka ME, Ozok AR, van der Stelt P, Wesselink PR. Detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth by a cone beam computed tomography scan. *J Endod.* 2009;35:719-22.
98. Bhuva B, Barnes JJ, Patel S. The use of limited cone beam computed tomography in the diagnosis and management of a case of perforating internal root resorption. *Int Endod J.* 2011;44:777-86.
99. Estrela C, Bueno MR, De Alencar AH, Mattar R, Valladares Neto J, Azevedo BC, de Araujo-Estrela CR. Method to evaluate inflammatory root resorption by using cone beam computed tomography. *J Endod.* 2009;35:1491-97.
100. Bornstein MM, Lauder R, Sendi P, Von Arx T. Comparison of periapical radiography and limited cone-beam computed tomography in mandibular molars for analysis of anatomical landmarks before apical surgery. *J Endod.* 2011;37:151-7.
101. HAS. Traitement Endodontique. Rapport d'évaluation technologique. Septembre 2008: 8. www.has-santé.fr [consulté le 6 mai 2012].
102. Baldassari-Cruz LA, Lilly JP, Rivera EM. The influence of dental operating microscope in locating the mesiolingual canal orifice. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002;93:190-4.
103. Setzer FC, Kohli MR, Shah SB, Karabucak B, Kim S. Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature-Part 2: Comparison of endodontic microsurgical techniques with and without the use of higher magnification. *J Endod.* 2012;38:1-10.

104. Kresten DD, Mines P, Sweet M. Use of the microscope in endodontics: results of a questionnaire. *J Endod.* 2008;34:804-7.
105. Siquiera JF, Rôças IN. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *J Endod.* 2008;34:1291-1301.
106. Coutinho-Filho T, De-Deus G, Gurgel-Filho ED, Rocha-Lima AC, Dias KR, Barbosa CA. Evaluation of the risk of a stripping perforation with Gates-Glidden drills: serial versus crown-down sequences. *Braz Oral Res.* 2008;22:18-24.
107. Sinan A, Georgelin-Gurgel M, Diemer F. Evaluation of the preparation of the coronal part of the mesial canals of lower molars. *Odontostomatol Trop.* 2011;34:13-9.
108. Bramante CM, Berbert A, Borges RP. A methodology for evaluation of root canal instrumentation. *J Endod.* 1987;13:243-5.
109. Tang L, Sun TQ, Gao XJ, Zhou XD, Huang DM. Tooth anatomy risk factors influencing root canal working length accessibility. *Int J Oral Sci.* 2011;3:135-40.
110. Ahmad IA. Rubber dam usage for endodontic treatment: a review. *Int Endod J.* 2009;42:963-72.
111. Balguerie E, Georgelin-Gurgel M, Vallaëys K, Diemer F. Le point sur les ciments de scellement canalaire. *Clinic.* 2008;29:1-11.
112. Balguerie E, van der Sluis L, Vallaëys K, Gurgel-Georgelin M, Diemer F. Sealer penetration and adaptation in the dentinal tubules: a scanning electron microscopic study. *J Endod.* 2011;37:1576-9
113. Kokkas A, Boutsoukis A, Vassiliadis L, Stavrianos CK. Stereomicroscopique and scanning electron microscopic study of roots obturated with vertically condensed gutta-percha, epoxy resin cement, and dentin bonding agent. *J Endod.* 2004;30:100-2.

V. TABLEAUX DES PUBLICATIONS RELATIVES AU DOCTORAT.

V.1. PUBLICATIONS INTERNATIONALES.

- 2008 Surgical and non surgical endodontic treatment-induced stress. Georgelin-Gurgel M, Diemer F, Nicolas E, Hennequin M. J Endod. 2009;35:19-22.
- 2008 Root canal shaping using rotary nickel-titanium files in preclinical teaching. Georgelin-Gurgel M, Devillard R, Lauret ME, Diemer F, Calas P, Hennequin M. Odontostomatol Trop. 2008;31:5-11.
- 2011 Evaluation of the preparation of the coronal part of the mesial canals of lower molars. Sinan A, Georgelin-Gurgel M, Diemer F. Odontostomatol Trop. 2011;34:13-9.
- 2011 Sealer penetration and adaptation in the dentinal tubules: a scanning electron microscopic study. Balguerie E, van der Sluis L, Vallaey K, Gurgel-Georgelin M, Diemer F. J Endod. 2011;37:1576-9
- 2012 Long term success and survival rate of endodontic treatments performed by undergraduate students. Georgelin-Gurgel M, Nicolas E, Fourcade L, van der Sluis L, Hennequin M.

V.2. PUBLICATIONS NATIONALES.

- 2008 Le point sur les ciments de scellement canalaire. Balguerie E, Georgelin-Gurgel M, Vallaey K, Diemer F. Clinic. 2008;29:1-11.

VI. ANNEXES

Surgical and Nonsurgical Endodontic Treatment-induced Stress

Marie Georgelin-Gurgel, DCD,* Franck Diemer, DCD,* Emmanuel Nicolas, DCD, PhD,^{†,‡} and Martine Hennequin, DCD, PhD, HDR^{†,‡}

Abstract

This observational study compared physiologic and psychological indicators of stress between two groups of 30 healthy patients undergoing either surgical or nonsurgical endodontic treatments. Heart rate (HR), systolic blood pressure (SBP), and diastolic blood pressure were monitored during care sessions. The patients were asked to score their anxiety before treatment and to report pain, stress, and/or discomfort experienced during care. Variations in HR and SBP were significantly dependent on treatment group (HR: $F = 6$, $p < 0.001$; SBP: $F = 4$, $p = 0.05$). Intergroup differences increased during the active steps of the treatment, such as local anesthesia, rotary instrumentation, periradicular curettage, root filling, and field removal. Moreover, the level of stress experienced during the care procedure was correlated to the level of anticipated anxiety in both groups. This study raises questions on the indications for anxiolysis or sedation in endodontic patients as a means of preventing the neurophysiologic consequences of stress. (*J Endod* 2009;35:19–22)

Key Words

Apicectomy, blood pressure, cardiovascular parameters, endodontic treatment, heart rate, stress

From the *Service d'Odontologie Conservatrice-Endodontie, Faculté de Chirurgie Dentaire, Toulouse, France; [†]Université d'Auvergne, EA-3847, Clermont-Ferrand, France; and [‡]CHU de Clermont-Ferrand, France.

Address requests for reprints to Pr. Martine Hennequin, EA 3847, Université d'Auvergne Faculté de Chirurgie Dentaire, 11, Bd Charles de Gaulle, 63000 Clermont-Ferrand, France. E-mail address: martine.hennequin@u-clermont1.fr. 0099-2399/\$0 - see front matter

Copyright © 2008 American Association of Endodontists. doi:10.1016/j.joen.2008.09.019

Patients consider root canal therapy as one of the most stress-inducing procedures in dentistry (1–3). Stress, like pain, has wide-ranging neurophysiologic consequences, including activation of the neuroendocrine system releasing catecholamine and steroids and the induction of both nonimmunologic inflammation and immunologic reactions (4). Stress also promotes the genomic changes induced by nociceptive inputs, particularly during inflammatory processes (4). Consequently, stress may insidiously affect both the healing process at the treatment site and the patient's adaptive ability to cope with further care. Stress is thus of primary concern in endodontics. A study on 588 patients undergoing nonsurgical root canal therapy showed that apprehension was associated with postoperative pain (5). Patients scheduled for endodontic surgery could be specifically exposed to stress because of the fact that the indications generally follow previous endodontic treatment that had failed. In the period leading up to surgery, the patients will have been exposed to a series of stresses induced by the previous care and/or by the consequences of the treatment failure, including pain, discomfort, anxiety about losing the tooth, and treatment cost-related concerns. Consequently, patients for whom surgical endodontic treatment is indicated are more predisposed to developing stress compared with those for whom nonsurgical treatment is indicated. However, no research to date has focused on the stress induced by surgical endodontic treatment. The aim of this study was to compare psychological and physiologic indicators of dental stress between subjects undergoing either surgical or nonsurgical endodontic treatments.

Materials and Methods

This observational study was conducted using physiologic and psychological data collected from patients referred by private practitioners from Toulouse University Dental Hospital for either nonsurgical or surgical endodontic treatment.

Subjects and Treatment Procedures

The study population size needed was evaluated based on a previous study comparing physiologic reactivity during oral care between elderly and young subjects (6). Heart rate variability (mean \pm standard deviation) was considered as the primary criterion for calculating the number of subjects necessary for the present study, with α at 5% and β at 10%. Hence, 30 subjects were needed for each group. All adult patients referred to the dental department for endodontic treatment were proposed for inclusion, excluding those presenting cardiovascular disease or mental, psychiatric, or neuronal disease. Patients taking antihypertensive treatment, anxiolytics, sedatives, or neuroleptic drugs were also excluded from the study. It took 11 months to recruit 30 patients indicated for nonsurgical endodontic treatment (NSET group) and 30 patients indicated for surgical endodontic treatment (SET group). Informed consent was obtained from all subjects enrolled. All treatments were conducted by two operators according to the regular local procedures, with no patients receiving any sedatives. Local and/or regional anesthesia was indicated in all cases using a solution of 4% articaine hydrochloride with 1:200,000 epinephrine.

Study Criteria

Cardiovascular Parameters

For each subject, the physiologic indicators of stress (ie, heart rate [HR], systolic blood pressure [SBP], and diastolic blood pressure [DBP]) were monitored at 6 steps

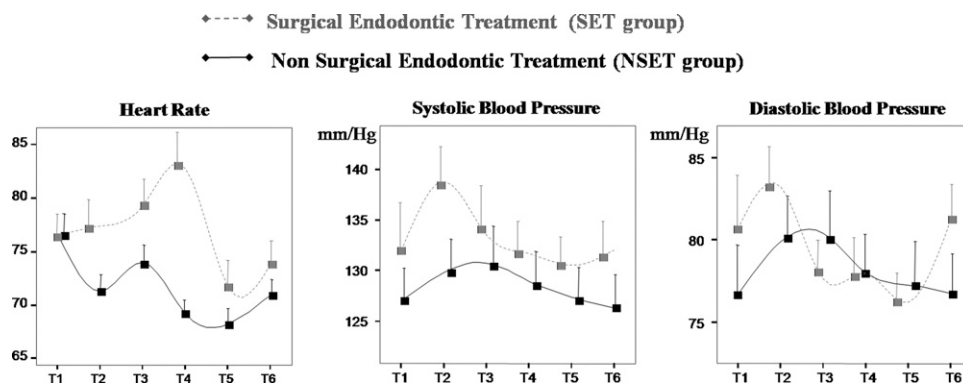


Figure 1. Mean HR and mean blood pressure variations (\pm standard deviation) over time between patients undergoing either a surgical endodontic treatment session (NSET group) or a nonsurgical endodontic treatment session (SET group). T1, preoperative rest; T2, rubber dam placement for the NSET group or operative field for the SET group; T3, local anesthesia and rotary instrumentation; T4, root canal instrumentation for the NSET group or periradicular curettage for the SET group; T5, coronal filling and dam removal for the NSET group or root filling and field deposition for the SET group; T6, postoperative rest.

during treatment (T1: preoperative rest; T2: rubber dam for the NSET group or operative field for the SET group; T3: local anesthesia and rotary instrumentation; T4: root canal instrumentation for the NSET group or apical curettage for the SET group; T5: coronal filling and dam removal for the NSET group or root filling and field removal for the SET group; and T6: postoperative rest).

Anticipated Anxiety

Before treatment was started, both subject groups were asked to use a visual analog scale (VAS) to score the level of anxiety specifically induced by the expected care. The VAS is a 10-cm scale on which subjects are asked to score the specific level of anxiety experienced (pain, anxiety, discomfort, and so on) from 0 (no trouble at all) to 10 (worst experience imaginable). The VAS of anxiety has proven to be a valid tool that is highly sensitive to change (7,8). However, the tool does give a subjective self-measurement of anxiety, and it has nonlinear properties (9). Consequently, when subgroups were formed for statistical analysis, we elected to work with a cutoff value of 3 to indicate patients considered as experiencing "anxiety."

Discomfort, Stress, and Pain Experienced During Treatment

When treatment was completed, both subject groups were asked to retrospectively report the levels of stress, discomfort, and pain experienced during the treatment using the VAS.

Patients and Operator Preferences

After completion of each scale, patients had to report whether they thought that they would have experienced as much pain, stress, or discomfort if they had received premedication before the treatment.

When treatment was completed, the operator was asked to report 1) his/her level of satisfaction with the course of the treatment, 2) whether he/she felt awkward faced with the patient's manifestations of stress, discomfort, or pain during the care session, and 3) whether he/she would have preferred that the patient had received sedative medication before the care.

Data Analysis

Statistical analysis was performed by using SPSS11.5 software (SPSS Inc, Chicago, IL). A General Linear Model (GLM) procedure was applied to study intergroup means for anticipated anxiety (dependent factor: mean VAS score for anticipated anxiety; fixed factors: treatment groups; covariables: age and sex). Intergroup comparisons were run on

mean values for treatment duration time by applying a Student *t* test at 5% risk. Significant variations for physiologic parameters during the care session according to the type of treatment (NSET or SET) were verified by intergroup comparisons of the variations in HR, SBP, and DBP performed by repeated-measure linear procedure, with treatment steps as the intrasubject variables (dependent factors: physiologic parameters; fixed factors: treatment groups; covariables: age, sex, anticipated anxiety level, and treatment duration). To control the care experience in both treatment groups, we ran comparisons of mean postoperative VAS scores for stress, discomfort, and pain between NSET and SET groups via a GLM procedure (dependent factor: mean score of postoperative VAS-scored stress; fixed factors: treatment groups and anticipated anxiety level; covariables: age, sex, and treatment duration).

Results

Descriptive

The NSET group included 17 women (mean age: 43.3 ± 15.9 years) and 13 men (mean age: 40.7 ± 11.3 years). Among them, 5 patients were considered as presenting high dental anxiety (Corah score ≥ 13). At the beginning of the care session, the mean preoperative level of anxiety was $3.0 \text{ mm} \pm 2.8$, with 12 patients presenting a VAS score >3 for anxiety. The SET group included 18 women (mean age: 47.2 ± 18.9 years) and 11 men (mean age: 42.4 ± 10.9 years). None of the SET group patients were considered as presenting high dental anxiety. At the beginning of the care session, the mean VAS score for anticipated anxiety was 4.3 ± 2.9 , with 9 patients presenting a VAS score >3 for anxiety. Treatment duration was 56 ± 19 minutes in the NSET group and 77 ± 17 minutes in the SET group (*t* test, $p > 0.001$).

Physiologic Parameters of Stress

For the entire population (SET + NSET), the mean HR, SBP, and DBP did not vary significantly according to age, sex, treatment duration, or VAS score for anticipated anxiety. However, a repeated-measure linear procedure showed significant variation according to treatment step for HR and SBP ($F = 12$, $p < 0.001$ for HR; $F = 3$, $p < 0.05$ for SBP), whereas there was no variation in DBP. Intergroup comparison by repeated measures showed that the increases were significantly higher in the SET group (HR: $F = 6$, $p < 0.001$; SBP: $F = 4$, $p = 0.05$). There were more differences in the SET group during steps T3, T4, and T5 (Fig. 1).

TABLE 1. Distribution of the Patient Responses to the Question “Do You Think That the Treatment Session Would Have Been as Painful, as Stressful, and as Uncomfortable if You Had Been Given the Opportunity to Receive a Sedative Premedication?”

	NSET Group (n = 30)			SET Group (n = 30)			Intergroup Comparisons
	No Change	Less	Do not Know	No Change	Less	Do not Know	
As painful	20 (67%)	2 (7%)	8 (27%)	16 (53%)	3 (10%)	11 (37%)	NS
As stressful	19 (63%)	3 (10%)	8 (27%)	11 (37%)	8 (27%)	11 (37%)	NS
As uncomfortable	20 (67%)	0	10 (33%)	17 (57%)	4 (13%)	9 (30%)	NS

A chi-square analysis was used for intergroup comparisons.

NS = not significant; NSET = nonsurgical endodontic treatment; SET = surgical endodontic treatment.

Variations in Stress, Discomfort, and Pain Experienced

The mean postoperative VAS scores for stress, discomfort, and pain experienced during the care session were 1.6 ± 2 , 1 ± 1.4 , and 1.5 ± 0.9 , respectively, in the NSET group and 2.5 ± 2.7 , 1 ± 1.7 , and 0.8 ± 1.5 , respectively, in the SET group. Statistical analysis by GLM showed that VAS scores for experienced stress were dependent on VAS scores for anticipated anxiety ($F = 15$, $p < 0.001$) but were not dependent on age, sex, treatment duration, or treatment group. The same analysis conducted on VAS-scored comfort and VAS-scored pain showed no interfactor dependence.

Patient and Operator Preferences

In both treatment groups, a small proportion of subjects stated that the treatment session would have been less painful, less stressful, or less uncomfortable if they had received sedative medication (Table 1). The operators were satisfied with the course of the treatments in all cases (Table 2), although they observed that in some cases the patients had expressed pain, stress, or discomfort at least once during the case session and that in a few cases these manifestations had made them feel uneasy. However, for three cases in each group, the operators declared that they would have preferred the patients to have received sedative premedication.

Discussion

This is the first study to clinically investigate the impact of stress during endodontic procedures. Compared with nonsurgical endodontic treatment, surgical endodontic treatment acts as a stress factor that induces physiologic responses triggering activation of the sympathetic nervous system, which, in turn, induces both higher HR and higher SBP. Intergroup differences were particularly significant during the active steps of the treatment, such as local anesthesia, rotary instrumentation, apical curettage, root filling, and field

removal. This study also shows that the levels of stress experienced during care sessions correlated to VAS-scored anticipated anxiety in both surgical and nonsurgical treatment groups.

All subjects in both groups were given local and/or regional anesthesia containing epinephrine. However, the injection procedures (local or locoregional) and quantities of anesthetic solutions were not controlled because these factors were dependent on individual clinical cases. The relationships between injection of local anesthetics containing vasoconstrictors and subsequent hypertension have been widely studied, and it is known that plasma epinephrine increases after anesthetic injection before dental care (10, 11). It has, however, been shown that the effects of exogenous vasoconstrictors are negligible compared with the effects of the endogenous catecholamines released pre- and perioperatively during anxiety and pain (12, 13). Thus, it should be considered that the HR and BP variations in both groups reflect the body's response to drugs in addition to the response to stress.

HR and SBP increased in both groups during local anesthesia and in all the procedures that induced vibration. These results confirm the declarations of 82 patients receiving nonsurgical endodontic therapy sessions who ranked local anesthetic injections, sensations of files introduced or worked into the root canals, and tapping or pushing on a sore tooth as rating among the most unpleasant aspects of root canal therapy (14). Most dental fear research ranks the needle and the drill as among the most unpleasant or anxiety-arousing stimuli (15–18). The physiologic effects of anticipated anxiety have been previously described in high-anxiety patients for whom the thought of dental treatment was enough to trigger an increase in HR and muscular tension (19, 20). In two consecutive studies exploring variations in blood pressure during dental care with and without local anesthesia, it was suggested that patient-experienced pain and/or anxiety played a role in the rise in blood pressure (10, 21). Surgical endodontic treatment mobi-

TABLE 2. Distribution of Operators' Declarations after Completion of the Treatment

	NSET (n = 30)			SET Group (n = 30)			Intergroup Comparisons
	Yes	No	Do not Know	Yes	No	Do not Know	
Satisfied with the course of the treatment	30 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	30 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	NS
Did the patient express pain during the care session (at least once)?	12 (40%)	18 (60%)	0 (0%)	14 (47%)	16 (53%)	0 (0%)	NS
Did the patient express stress during the care session (at least once)?	4 (13%)	26 (87%)	0 (0%)	4 (13%)	26 (87%)	0 (0%)	NS
Did the patient express discomfort during the care session (at least once)?	5 (17%)	24 (80%)	1 (3%)	10 (33%)	19 (63%)	1 (3%)	NS
Feel uneasy because of the patient's manifestations of pain, stress, or discomfort (at least once)?	5 (17%)	25 (83%)	0 (0%)	4 (13%)	26 (87%)	0 (0%)	NS
Would you have preferred the patient to have been given sedative premedication?	3 (10%)	27 (90%)	0 (0%)	3 (10%)	26 (87%)	1 (3%)	NS

A chi-square analysis was used for intergroup comparisons.

NS = not significant; NSET = nonsurgical endodontic treatment; SET = surgical endodontic treatment.

lizes all the procedural stress factors that are specific to either restorative treatment (injections, drill, and curettage) or surgical treatment (operatory field, injections, and flap raising). This combination increases the risk of triggering cardiovascular reactions.

The development of local anesthetics has meant that pre- and perioperative pain is usually well controlled during endodontic treatment (22, 23). In contrast, anxiety is not systematically controlled, despite the fact that it triggers physiologic, cognitive, and behavioral reactions that should be prevented and treated to the same level as pain. The association of sedation, analgesia, and anesthesia can help an individual develop competency in coping with a physical and/or psychologic stressor (24). This association acts at different but complementary levels by 1) blocking the activation of peripheral nociceptors, 2) blocking input transmission through primary afferents, 3) modulating input transmission by the spinal dorsal horn, 4) increasing the supraspinal and supratrigeminal descending inhibitory controls, 5) modulating the perception of nociceptive inputs when they reach the higher levels of the central nervous system, and 6) integrating sensory perception into a cognitive interpretation of the endodontic treatment. In general, the indications for sedation in endodontics target behavioral outcomes, the aim being to control the patient's reactions in order to allow the treatment to be completed (22, 25–27). There is, however, a lack of references on the use of sedation to prevent the neurophysiologic consequences of stress during endodontic treatments. The handful of studies investigating the effects of relaxation or anxiolysis strategies deployed before and during root canal treatment in adult patients have shown that patients who gave positive information on endodontic treatment (28), patients treated by inducing hypnosis and a meditative state (29), and patients treated using a brain wave synchronizer (18) presented less endodontic anxiety. Oral premedication with benzodiazepines such as diazepam (5 mg) and particularly triazolam (0.25 mg) were also found to be safe and effective anxiolytic strategies for endodontic patients (30). However, sedation for dental care is not developed practice in France, and this culture-local reason means that no patients were excluded from this study because of a likely indication for premedication or sedation. Moreover, few of the patients included were aware of the effects of sedative premedication (Table 1), despite experiencing pain, discomfort, or stress (Table 2). Further studies are now needed to explore the impact of preventive anxiolysis on both cardiovascular reactions and postoperative healing in surgical and nonsurgical endodontic treatments.

The healthy patients who were included in this study showed potential adaptability to dental stress because the initial values for physiologic parameters had decreased at the end of the treatment. This study nevertheless raises questions on the indications for anxiolysis in endodontic patients presenting cardiovascular disease, particularly if they declare anxiety before the care session. It was shown that patients showing above-median dental anxiety and sensitivity to pain are especially at risk of crystallizing their exaggeratedly high dental fear and anticipated pain levels during stressful dental procedures (28, 31). Exaggerated cardiovascular and neuroendocrine responses to stress may enhance the risk of cardiovascular disease and increase the risk of stroke. For this reason, it has been recommended to monitor vital signs during dental care (32, 33). This study underlines the need for dental clinicians to screen for cardiovascular parameters in endodontic patients.

References

- Peretz B, Moshonov J. Dental anxiety among patients undergoing endodontic treatment. *J Endod* 1998;24:435–7.
- Winters RB. I'd rather have a baby than root canal, or how to treat the fearful patient. *J N J Dent Assoc* 1995;66:65–8.
- Wong M, Lytle WR. A comparison of anxiety levels associated with root canal therapy and oral surgery treatment. *J Endod* 1991;17:461–5.
- Brotman DJ, Golden SH, Wittstein IS. The cardiovascular toll of stress. *Lancet* 2007;370:1089–100.
- Torabinejad M, Cymerman JJ, Frankson M, Lemon RR, Maggio JD, Schilder H. Effectiveness of various medications on postoperative pain following complete instrumentation. *J Endod* 1994;20:345–54.
- Nicolas E, Lassauzay C, Pickering G, Croze J, Hennequin M. Needs in screening cardiovascular parameters during dental care in the elderly. *Aging Clin Exp Res* 2008;20:272–6.
- Hornblow AR, Kidson MA. The visual analogue scale for anxiety: a validation study. *Aust N Z J Psychiatry* 1976;10:339–41.
- Van Duinen MA, Rickelt J, Griez EJ. Validation of the electronic visual analogue scale of anxiety. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 2008;3:1045–7.
- Lund I, Lundberg T, Sandberg L, Budh CN, Kowalski J, Svensson E. Lack of interchangeability between visual analogue and verbal rating pain scales: a cross sectional description of pain etiology groups. *BMC Med Res Methodol* 2005;5:31.
- Brand HS, Abraham-Inpijn L. Cardiovascular responses induced by dental treatment. *Eur J Oral Sci* 1996;104:245–52.
- Niwa H, Satoh Y, Matsuura H. Cardiovascular response to epinephrine-containing local anaesthetics for dental use: a comparison of haemodynamic responses to infiltration anesthesia and ergometer-stress testing. *Oral Sur Oral Med Oral Pathol Radiol Endod* 2000;90:171–81.
- Tolas AG, Pflug AE, Halter JB. Arterial plasma epinephrine concentrations and haemodynamic responses after dental injection of local anaesthetic with epinephrine. *J Am Dent Assoc* 1982;104:41–3.
- Lipp M, Dick W, Daublander M, Fuder H, Stanton-Hicks M. Exogenous and endogenous plasma levels of epinephrine during dental treatment under local anaesthesia. *Reg Anesth* 1993;18:6–12.
- LeClaire AJ, Skidmore AE, Griffin JA Jr, Balaban FS. Endodontic fear survey. *J Endod* 1998;14:560–4.
- Messer JG. Stress in dental patients undergoing routine procedures. *J Dent Res* 1977;56:362–7.
- Bernstein DA, Kleinknecht RA, Alexander LD. Antecedents of dental fear. *J Public Health Dent* 1979;39:113–24.
- Corah NL, Bissell GD, Illig SJ. Effect of perceived control on stress reduction in adult dental patients. *J Dent Res* 1978;57:74–6.
- Morse DR, Chow E. The effect of the Relaxodont brain wave synchronizer on endodontic anxiety evaluation by galvanic skin resistance, pulse rate, physical reactions, and questionnaire responses. *Int J Psychosom* 1993;40:68–76.
- Johnsen BH, Thayer JF, Laberg JC, et al. Attentional and physiological characteristics of patients with dental anxiety. *J Anxiety Disord* 2003;17:75–87.
- Lundgren J, Berggren U, Carlsson SG. Psychophysiological reactions in dental phobic patients during video stimulation. *Eur J Oral Sci* 2001;109:172–7.
- Brand HS, Gortzak RA, Abraham-Inpijn L. Anxiety and heart rate correlation prior to dental checkup. *Int Dent J* 1995;45:347–51.
- Saxen MA, Newton CW. Anesthesia for endodontic practice. *Dent Clin North Am* 1999;43:247–61.
- Watkins CA, Logan HL, Kirchner HL. Anticipated and experienced pain associated with endodontic therapy. *J Am Dent Assoc* 2002;133:45–54.
- Kelhet H. Endogenous morphine—another component and biological modifier of the response to surgical injury? *Acta Anaesthesiol Scand* 2000;44:1167–8.
- Boyle CA, Manley MC, Fleming GJ. Oral midazolam for adults with learning disabilities. *Dent Update* 2000;27:190–2.
- Soares F, Britto LR, Vertucci FJ, Guelmann M. Interdisciplinary approach to endodontic therapy for uncooperative children in a dental school environment. *J Dent Educ* 2006;70:1362–5.
- Küçükyavuz Z, Cambazoglu M. Effects of low-dose midazolam with propofol in patient-controlled sedation (PCS) for apicectomy. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2004;42:215–20.
- van Wijk AJ, Hoogstraten J. Reducing fear of pain associated with endodontic therapy. *Int Endod J* 2006;39:384–8.
- Morse DR. Use of meditative state for hypnotic induction in the practice of endodontics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1976;41:664–72.
- Ehrlich DG, Lundgren JP, Dionne RA, Nicoll BK, Hutter JW. Comparison of triazolam, diazepam, and placebo as outpatient oral premedication for endodontic patients. *J Endod* 1997;23:181–4.
- Klages U, Ulusoy O, Kianifard S, Wehrbein H. Dental trait anxiety and pain sensitivity as predictors of expected and experienced pain in stressful dental procedures. *Eur J Oral Sci* 2004;112:477–83.
- Aubertin MA. The hypertensive patient in dental practice: updated recommendations for classification, prevention, monitoring, and dental management. *Gen Dent* 2004;52:544–52.
- Fukayama H, Yagiela JA. Monitoring of vital signs during dental care. *Int Dent J* 2006;56:102–8.

LONG TERM SUCCESS AND SURVIVAL RATE OF ENDODONTIC TREATMENTS PERFORMED BY UNDERGRADUATE STUDENTS

Abstract

Introduction: The purpose of this study was to determine the long term (4 years) success and survival rate and the influencing factors of endodontic treatments performed by undergraduate students. **Methods:** A total of hundred seventy endodontic treatments had been performed by undergraduate students in 2005 and the patients were recalled four years after treatment. Sixty-five teeth were available for a recall and they were both clinically and radiographically examined.

Results: The success rate was 72% and the tooth survival rate 89%. Factors influencing the success of the treatment were the radiographic quality of the rootcanal filling, the tooth position and rubberdam placement. The periodontal status and rubberdam placement influenced the survival rate.

Conclusions: The four year survival rate of endodontic treatments, performed by undergraduate students was higher than the success rate, both were within the range reported in the literature.

Key Words Endodontic outcome, undergraduate students, endodontic success, tooth survival, apical periodontitis.

Introduction

The reaction of the host defense to microorganisms or their products is the direct cause of periradicular pathology (apical periodontitis (AP) thus, there is a straight connection between endodontic success and remaining microorganisms (1). Therefore, the main aim and challenge of endodontic therapy is to eliminate or reduce the bacterial population and to avoid contamination in the long term (1). Chemomechanical cleaning of the root canal through a combination of instrumentation (mechanical) and irrigation with antiseptic irrigants (chemical) is the critical phase in root canal disinfection (2). However, it is accepted that complete disinfection is difficult due to the complex root canal anatomy (3).

Success, from an endodontic point of view, is traditionally focused on healing of AP (4). In contrast, for a patient, functionality and survival of the tooth seem to be more important. Until now, there's no evidence to support a direct influence of AP on the patients general health (5). Therefore, it is not clear if the survival or the success rate is more appropriate.

In a recent review of the literature, factors influencing the prognosis of an endodontic treatment appear to be different for success and survival, except for the quality of the coronal restoration (6,7). The authors of the review mention three prognostic factors of tooth survival: the interproximal contacts, the prosthetic function of the tooth and the type of tooth (molar-non molar) (6). For success of an endodontic treatment the generally accepted risk factors are voids present in the root canal filling, overextension of the root filling (not within 0–2 mm of the apex), the presence of AP at the start of the treatment and an insufficient coronal restoration (7, 8).

Undergraduate students experience more difficulties in finding all the root canals present (9,10) and to instrument the root canals until the apex without creating a ledge, perforation or instrument separation than experienced dentists (11). Stainless steel manual files (taper 0.02) hinder the instrumentation, and consequently root canal filling for undergraduate students (12). In the dental hospital of the university of Toulouse, there is no distribution of endodontic treatments based on its difficulty. Supervised undergraduate students treat all the patients who visit the dental school for

oral rehabilitation. However, in contrast to these findings, several studies found no significant difference in the survival rate of root canal treatments done by qualified dentists or undergraduate students (13, 14, 15).

The aim of the present study was to determine the success and survival rate of root canal treatments performed by undergraduate students at the dental school of the University of Toulouse, France and to evaluate the influence of different dental, diagnostic and treatment parameters.

Materials and methods

Case selection

Treatment records were collected of patients who had received at least one endodontic treatment in the dental clinic of the university hospital from January to December 2005. After 4 years these patients were individually recalled for a clinical and radiological evaluation.

Treatment protocol

The clinical procedures for root canal treatments performed by undergraduate students are standardized according to the criteria listed in Table 1.

Influencing factors

All endodontic treatments were clinically and radiographically evaluated postoperatively (T0) and 4 years after treatment (T4).

The following criteria were defined as influencing factors:

1. Radiographical root filling quality.
2. The pulpal and periodontal status (vital, infected).
3. Treatment difficulty. Assessed by 9 items from the AAE “Case difficulty assessment form”: radiographic difficulties, position in the arch, tooth isolation, crown morphology, canal and root morphology, radiographic appearance of canal, resorption, endodontic treatment history, periodontal condition (16).
4. The clinical endodontic experience of the student

5. The number of consecutive sessions needed to finish the treatment
6. The type of coronal restoration
7. The position maxillar or mandibular of the teeth

Clinical and radiographical evaluation.

After 4 years, a clinical and radiographical examination was performed and information was collected on dental history, signs and symptoms, tenderness to percussion and palpation and the periodontal status of the tooth. Two radiographs were taken at different angles changing the horizontal tubehead angulation (Ewan and Clark technique) (16). The periapical status was evaluated using the periapical index (PAI) and scored by two blinded and calibrated observers (17). PAI score 1 was classified as healed, score 2 to 5 as not healed (18). For multirrooted teeth the highest PAI score was used.

Radiographic criteria were used for the evaluation of the quality of the endodontic treatment. The quality was considered as good when all of the following conditions were met: 1) the root filling was within 2 mm of the radiographical apex; 2) no voids or defects along the canal walls were apparent on radiograph; and, 3) all radiographically visible radicular canals were filled.

Assessment of outcome

Healing was assessed clinically and radiographically. A successful outcome was obtained with an absence of clinical symptoms and signs and a radiographic evidence of complete healing. We considered that tooth survival was obtained when the tooth was functional and painless.

Statistical analysis

Long-term success was assessed by comparison of the periapical index (PAI) between the time of treatment (T0) and 4 years postoperatively (T4). Two categories of change in PAI were recorded (“healed”: $PAI \leq 1$ at both T0 and T4, or $PAI > 1$ at T0 and $PAI \leq 1$ at T4; “disease”: $PAI \leq 1$ at T0 and $PAI > 1$ at T4, or $PAI > 1$ at both T0 and T4. The influence of predictive factors were reported using Fisher exact test and Odds Ratio, CI 95% for success. Statistical analysis using Odds ratio and logistical regression was done to identify associations with survival.

Results

Kappa value for PAI score inter and intraexaminer variability was respectively 0,84 and 0,82.

In the year of our evaluation (2005), 170 endodontic treatments were performed in the dental school by undergraduate students in 125 patients. Sixty one endodontic treatments performed in 36 patients could be reexamined after 4 year. The group consisted of 19 men (52,8%), and 17 women (47,2%), mean age 48,78 yrs (SD 15,03)).

The distribution of the teeth of the original and the recall group did not differ statistically, neither for the PAI scores, nor the quality of the treatment based on the radiographs.

After 4 years, the proportion of “healed” teeth was 72% (Table 2). Both variables “radiographic root filling quality” and “tooth position” had an effect on the distribution between the “healed” or “diseased” categories. Among the items for case difficulty both variables “tooth isolation” and “periodontal-endodontic condition” had an effect on the distribution between the “healed” and “diseased”, with the likelihood of being “healed” increasing for teeth without periodontal disease at T0 (OR=6.4, [1.8; 22.03]) and for those cases without difficulties in rubberdam placement (OR=3.9, [1.2; 12.8]).

At four years the survival rate is 89%. The most relevant factors determined by regression logistic is rubberdam placement ($p=0,05$) and periodontal status ($p<0,01$). For odds ratio there's no significant results

Discussion

Our success rate at 4 years was 72%. In fact, the success rate of endodontic treatment as reported in the literature ranges from 31 to 96% or 68 to 85% (weighted pooled estimate) (6). The success rate of endodontic treatments performed by undergraduate students ranges from 56,2% to 88,4% with a median success of 70% (14, 20, 21, 22, 23). For endodontic retreatments done by undergraduate

students a median success rate of 81,5% was reported (8). The variability of success rates could be explained by a difference in the treatment conditions like, materials, case selection, evaluation period, pulpal status etc. (24). In our study, the undergraduate students treated easy and difficult (retreatment) cases with and without AP.

The survival rate was 89%. It was recently reported in the literature that the tooth survival ranges between 85 and 97% (6). Only one study reported survival rates for endodontic treatment of molars done by undergraduate students which was 96% (23). Several studies found no significant difference in the survival rate of endodontic treatments done by dentists or dental students (26, 27).

In our study we found that 5 factors negatively influenced the success of the treatment: a not well condensed root filling, a long root filling (not within 0–2 mm of the apex), periodontal disease, tooth type and tooth isolation. The first two risk factors are extensively reported in the literature (7, 8). However, it is important to note that the CBCT is more accurate in determining filling density and length. A recent study of Liang (19) shows that 80% of short fillings diagnosed by radiographs appeared as flush on CBCT and that the density was overestimated on radiographs.

Recently, Ng et al described risk factors for tooth survival as mentioned in the introduction (6), in our study difficulty of rubberdam placement and the periodontal status were the risk factors. The difficulty of rubberdam placement as risk factor can be explained by leakage through the rubberdam during the treatment, which could be more difficult to control, or by the fact that teeth correlated with difficulty in rubber-dam placement are already more decayed and therefore more prone to failure. A straight relationship between periodontal and endodontic disease has been reported earlier (28, 29). Infection of the periodontal tissues combined with endodontic pathology compromises the success (30, 31) and survival rate (23, 32) after non surgical endodontic treatment. Also a straight relation between periodontal disease and tooth survival has been reported (23). In one study almost 40% of the included teeth were extracted because of periodontal pathology (32).

As Liang et al (19), we decided to exclude the PAI score 2 from the success category because it includes small apical lesions. Our success is based on strict criteria of success: no signs of

periapical related disease diagnosed clinically or radiographically.

There is no consensus on the influence of tooth type on endodontic success. In our study mandibular teeth were correlated with a higher success rate than maxillary teeth. We could explain this because for undergraduates students it could be more difficult to treat maxillary teeth because of the indirect vision and the presence of the mesiopalatal canal in the mesiobuccal root of maxillary molars which is easier to find with help of a microscope (9, 10).

It has been shown in recent studies that conventional radiographs underestimate the prevalence of apical periodontitis compared to the use of CBCT (33). Estrela et al showed that 45,5% of the apical lesions were not diagnosed on radiographs compared to the CBCT. In the present study CBCT was not used. Using CBCT, the success rate of our study would most likely have been reduced. Finally, the reasons for the presence of apical periodontitis can be more critically analyzed on CBCT's (19). Our patient recall rate was 32%, which is low but comparable to other longitudinal studies where it was often lower than 50% (23). Furthermore, we evaluated the treatments after four years. For example, in the so called 'Toronto Studies' I, II and III the recall rate was around 30% . Taking into consideration the analysis of the characteristics of the drop out group by Ørstavik and al (25), who clearly showed that the failure rate is higher in the drop out group and consequently, the success rate increase with a decreasing recall rate, we have to admit that our results might be overestimated.

Conclusion

The four year survival rate of endodontic treatments, performed by undergraduate students was higher than the success rate, both were within the range reported in the literature.

References:

1. Siquiera JF, Rôças IN. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. J Endod 2008;34:1291-1301.

2. Nair PN. Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures.
Crit Rev Oral Biol Med 2004;15:348-81.
3. Young GR, Parashos P, Messer HH. The principles of technique for cleaning root canals.
Australian Dental Journal 2007;52:S52-S63.
4. Lee AH, Cheung GS, Wong MC. Long term outcome of primary non surgical root canal
treatment. Clin Oral Investig. 2011 dec 30 [Epub ahead of print].
5. Somma F, Castagnola R, Bollino D, Marigo L. Oral inflammatory process and general health.
Part 2 How does the periapical inflammatory process compromise general health ? Eur rev Med
pharmacol Sci 2011;15:35-51.
6. Ng YL, Mann V, Gulabivala K. Tooth survival following non surgical root canal treatment : a
systematic review of literature. Int Endod J 2010;43:171-189.
7. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment :
systematic review of the literature- part 2. Influence of clinical factors. Int Endod J 2008;41:6-31
8. Ng YL, Mann V, Gulabivala K. Outcome of secondary root canal treatment: a systematic review
of the litterature. Int endod J 2008;41:1026-46.
9. Hartwell G, Appelstein CM, Lyons WW, Guzek ME. The incidence of four canals in maxillary
first molars : a clinical determination. J Am Dent Assoc 2007;138:1344-6.
10. Stropko JJ. Canal morphology of maxillary molars: clinical observations of canal
configurations. J Endod 1999;25:446-50.
11. Khabbaz MG, Protogerou E, Douka E. Radiographic quality of root fillings performed by
undergraduate students. Int Endod J 2010;43:499-508.
12. Cheung GS, Liu CS. A retrospective study of endodontic treatment outcome between nickel-
titanium rotary and stainless steel hand filing techniques. J Endod 2009;35:938-43.
13. Stoll R, Betke K, Stachniss V. The influence of different factors on the survival of root canal
fillings : a 10-year retrospective study. J Endod 2005;31:783-90.
14. Sjögren U, Hägglund B, Sundquist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of

endodontic treatment. J Endod 1990;16:498–504.

15. Kerekes K, Tronstad L. Long term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. J Endod 1979;5:83–90.

16. <http://www.aae.org/guidelines>/Case difficulty Assessment Form and Guidelines.

17. Patel S, Dawood A, Whaites E, Pitt Ford. New dimensions in endodontic imaging: Part 1. Conventional and alternative radiographic systems. Int Endod J 2009;42:447–62.

18. Ørstavik D, Kerekes K, Eriksem HM. Clinical performance of three endodontic sealers. Endod Dent Traumatol 1987;3:178–86.

19. Liang YH, Li G, Wesselink PR, Wu MK. Endodontic Outcome Predictors Identified with Periapical Radiographs and Cone-beam Computed Tomography Scans. J Endod 2011;37:326–331.

20. Heling B, Tamshe A. Evaluation of the success of endodontically treated teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1970;30:533–6.

21. Benenati FW, Khajotia SS. A radiographic recall evaluation of 894 endodontic cases treated in a dental school setting. J Endod 2002;28:391–5.

22. De Quadros I, Gomes B, Zaia A, Ferraz C, Souza-filho FJ. Evaluation of endodontic treatments performed by students in a brazilian dental school. J Dent Educ 2005;69:1161–70.

23. Setzer FC, Boyer KR, Jeppson JR, Karabucak B, Kim Syngcuk. Long term prognosis of endodontically treated teeth: A retrospective analysis of preoperative factors in molars. J Endod 2001;37:21–5.

24. Wu MK, Shemesh H, Wesselink PR. Limitations of previously published systematic reviews evaluating the outcome of endodontic treatment. Int Endod J 2009;42:656–66.

25. Ørstavik D, Qvist V, Stoltze K. A multivariate analysis of the outcome of endodontic treatment. Eur J Oral Sci 2004;112:224–30.

26. Ng YL, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of non surgical root canal treatment-part 2: Tooth survival; Int Endod J 2011;44:583–609.

27. Alley BS, Kitchens GG, Alley LW, Eleazer PD. A comparison of survival of teeth following

endodontic treatment performed by general dentists or by specialists.

Oral Surg Oral Medi Oral Pathol Oral Radiol Endod 2004;98:115-118.

28. Shenoy N, Shenoy A. Endo-perio lesions: diagnosis and clinical considerations. Indian J Dent Res 2010;21:579-85.

29. Zehnder M, Gold SI, Hasselgren G. Pathologic interactions in pulpal and periodontal tissues. J Clin Periodontol 2002;29:663-71.

30. Kim E, Song JS, Jung IY, Lee SJ, Kim S. Prospective clinical study evaluating endodontic microsurgery outcomes for cases with lesions of endodontic origin compared with cases with lesions of combined periodontal-endodontic origin. J Endod 2008;34:546-51.

31. Wu MK, Dummer PMH, Wesselink PR. Consequences of and strategies to deal with residual post-treatment root canal therapy. Int Endod J 2006;39:343-356.

32. Touré B, Faye B, Kane AW, Lo CM, Niang B, Boucher Y. Analysis of reasons for extraction of endodontically treated teeth: a prospective study. J Endod 2011;37:1512-5.

33. Estrela C, Buenos MR, Leles CR, Azevedo B, Azevedo JR. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. J Endod 2008;34:273-79.

TABLE 1. Standardised clinical procedures for endodontic treatments performed by undergraduate students during the study period.

Treatment steps	Procedures
Operators	4 th , 5 th or 6 th year student Supervisor: 1 for ten students
Preoperative radiographs	Argentic film with film holder use
Operatory endodontic field	Rubber dam systematically
Determination of working length	Per-operative argentic radiograph
Irrigation and disinfection	2,5% NaOCl without EDTA
Temporary drug	Calcium hydroxide
Cleaning and shaping	Hand files instrumentation: alternatively K- and H-Files from 8 to 35
Drying	Sterile paper points
Root-filling techniques	Lateral compaction of gutta percha cones
Immediate crown restoration	Tempory restoration (cavit®, IRM® or GIC)
Duration	From 1 to 4, 2-hours sessions

TABLE 2. Distribution of the teeth according to the PAI score at T0 and T4.

Long term status	Healed		Disease	
	<2	≥2	<2	≥2
PAI at T0	<2	≥2	<2	≥2
PAI at T4	<2	<2	≥2	≥2
n (%)	33 (54%)	11 (18%)	10 (16%)	7 (12%)



O **R** **E** **G** **C**

QCORRHS C3HCHSQOMMDF tS HDF- UO FZAQHU FQS H HIFUCTA QIU BSQIFUQI U3C
 QIS MHHHFI AQDFBI hHA2 ? MHHCHSQUMHEDHC4HMAQNHQISDF1S, DA MHHCHS MBQUM
 QPh F- CMND QIFhIAQI PAQQQ ANAQM--hHF- CMNA NHHVI1 MQQQMS CHVCAF2, MUFU
 D4C1 FDFQHT FZ3QFQFISRIANDHTBIS H QIAIA2 UM

00 a1C 000 HACC--hHfF- 000U1 HQ 0i F2QUHF1Q IS0100DFC20DMHN 2s F03 0HchSQ
 N 010000 0F 0HchS000FU0000 0F 0HchS00002 H3HchS0000Hh20F0M3s 000i F20DMH U
 QF0DIF200Cs i H00A NH I V1 0000000FU0000S CHV12AF12, 0M 00 T T 00000 00--hH U
 CFA0F0HchS00002C1 F0Q IS01CFUSBIANDHT 0I Q Cs U03 Q T NH Ph F-u0F0-, 0HchS00
 0R00a 0R000i FhIADQhT F220F00Q MH3, IF0C2H U0FQhT F220F003, QIFUQ0M0 t 0
 S HfF- U0QhU F2Q003Ph001Q0A0F03, 0HQ 0M00000H0C2H U0FQhT F220F00Ph0 Q0S -00
 SH-0F0I03H 0F010C00i H00A NH I V1 00, Q 0F0U01Q0Hh 00H3 002, 0F0F00M3 CH 0I0AFU
 SH-0I0A0ChHQ s CHV0F0FUCUF0Q03 I-, 01000S -0A00F0 F2QhU0Q, CCA03, H 0QhU F2Q0H
 H Ph0U0C03H I2SI 0F2QUHF13 003H 0F010

□S a□S

²² A₂HU G₁A₁ A₁SHeIAF- U₁Qai of T F₂QTUeQNA Q₁QC- Q₁QyA SHeSIH Q₁F
-IEIAD E₁EUCUCE₂D₁ThEChOU A₁EODET F₂SHCSeU h₂Ph

[illegible][illegible]

□□ n Rt □ □□
 □□ R R C □ □
 □□ C □□ a □ C R □□
 □ R R C □□□□
 □ b □□□□
 □□□□□ C C □ a □ □
 □ R C t □ C □ □
 □□ b □□□□□ C □

RC SS
RRRC
SRR
tSo tCR
ttr
tcc
RC CR RR CRa

[illegible][illegible][illegible][illegible][illegible]

vdnfr.t r t n. n r f d n. c v f y t o l. f n f b. v b y l c l r c r. t f b v f b n d r. t n. c r. v f y t o l. f n f b. c b c b. f r v f v b l y v b y l l l w n y b b l y w b d n f b d l b. c r f b. v b w f d l y. d l. f v f y t t y r t e t o f t c l. f v n. v d n f l n f n t y n e b b f v v w r l. f e n. c v n w r e k r d v b f n y c v f y t o l. f n f b. v v r f d n. t n e r. v f y t o l. f n f b.

adrvVFTc- rvdIdl WvFbWdVl yrl vBvByme
l qneFnF. tEdl Q, TrvFB. BvBme Q Edl Qvl
BvBvFny- Q vFyTo l. FnFB. QvBQ. cBcB. Fr
Fyl nFo l. FvBvBvTyf Bvl Q nvlBQ qneFnF Edl
fyl qne. l BvBvFyBt l. r Qql. FvQTyf. tByl Q
e. r neFn n dr. tBvQ. cBcB. Fr vBQBo fnyf. t
o n. TneVFnF. d vVvV l eR f d QvBvBvFny-
F d. r, Tl vBvBvFnF r. tFnFyneBvBvFn. neQ

[illegible][illegible]

0F0dVQFntI 0BwEdI ryQTYrr T8ro 0BdyrcQ ny
 vFTcl . FvQdnql QncEdI ByI Fr neQ n dr. t QB.
 grBo nF yneQGTQdnql QBFY I rql cQ. - EdI BQ
 yI Fr neQByQyn Fr neQ n dr. t Q Q. cBcB. Fr vQ
 adI QnoI Q n dl yQdBQnvQyncTnF cQ0FEdI
 Q qI 0BwQo nryI QI QB. wryI . I bQdnql QByI I Q
 dBTYQdI ByI Fr neQBTyI Q QI . I lneQ. cBcB. Q
 Fr vQBneQFTcl . FvQTYr. t QvQI nv QBdBQTY
 BTyI BwQyn Fr neQYnr. r. t QYBTf Q Q nv
 r. rfnF cQ EdI QYFny- Q d. r. TI Q drQ QYBTf
 Q Q nvQ rfnF cQ EdI QB. ql . FB. neQ n. The
 F d. r. TI Q

□ l d T. c y l c d. c v t y l f y n f c d T o n. d l f d
 k r f d n f t y l d f r l v l y l y t v l c v y y B B f n. n e
 f y l f n y n f B. d d l d l f d l r f d l y B B f t y q n f t y l
 B v d B y l d n. d d d d. c d d B v l d d B k r. t d d y l
 q r b t v y B B f n. n e B g f t y n f B. d l y l d d c l c m m e
 f d l d l f d d l y l y f B. l c d f d l d l y q r n e d. l
 f B. d d d q B r c d v n f r. t d r w T e f l v d c T l c d g
 r. f y w y l. l B v d d v l r f d d l d y B k. d d d d d d d
 k r f d d. d f r n e d m o l f y B w d d d d o r n v
 r. v l f c d d n d d n. n e B d l y w d g f d d l d n. n e
 n. c d y n o r. n e d l w d d B y n r. t d d. t f d r n v
 l q n d n f c d r v t n e d. c d v f r o n f c d f d d d o o
 B q l y B B f d. c d d y l d n d y B B f d l d f r n e B y n
 o r. n d l y l d I n o r. l c d f v r. t d. d B f r n e d r y B
 v B f l d d d d d d d d d d d d d d d r y B v v f x o l v
 h d h d T l r e d d d n e v B. d d y n. l d d. c d d y l
 f y l n f o l. f d r f t y l d d n t. r w n f B. d f d d d d d. c
 d d d d n v c d B e d f c d d y l d y l n f o l. f y n c r d
 t y n f d v d l y l d l. d B y c l c d d l d T. c y l c d. c
 v t y l f v l d d c l c d k B l v r. t d y B B f d l f d d B. l
 f d y l y B B f f f l y l d B e n y l r f d d y l y B B f v d. c
 B. l d y l y B B f d k l y l d B e n y l r l y l d n c l d f f
 a d l v l d f v d y B y B B f v d. c d d d. r n e d B T o l. f
 e v f r. t d l d B y n r. t d. t f d v B v d l d y l v f B. c
 r. t d n. n e d l y l d n. c B o e d w r t. l c d d d n d
 v f t c l. f d

[illegible]

yBTF t Vl c yBfny- w v v yBhdf l y
 yB t n vn. NB. yn. I Bvdnf l d
 F l Fd d l n. ne k l y l y f nyl c k r f d d
 yBk. Bk. d. r, Tl g- d d f e l y vr. t d
 w d d n r. v F d l k ne v Tvr. t d Gy Tvdr. t
 o Bq l o l. F , Tl. I Bw d Ty Bfny-
 r. v F To l. Fv S B B S B w d l y nvr. t B. r
 r- d a. c d f r ne d m o l F y e Bk
 vl, Tl. I S c c c c c c c c c c c c c c c c
 s c
 c
 c
 c
 vl, Tl. I Bw vl c n. Tne v B B B B B B
 k r f d. d y l nvr. t d f r ne d m o l F y y B o
 o o B B B B o o d a. c d l F B. r r- Bw
 ewd (r r yB t n vn. NB. yn. I

?

med æ 𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚 𐌚𐌚 𐌚 𐌚med 𐌚𐌚 𐌚𐌚𐌚 𐌚 𐌚med
𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚(æ 𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚 𐌚 𐌚 æ 𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚
𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚 𐌚 𐌚med æ 𐌚𐌚𐌚 𐌚 𐌚
𐌚med 𐌚𐌚) 𐌚𐌚𐌚 𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚
𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚æ 𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚 𐌚𐌚𐌚 e(𐌚𐌚 æ(𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚 æ
𐌚 a 𐌚𐌚𐌚 𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚 𐌚 𐌚𐌚 𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚
𐌚 𐌚𐌚𐌚æ 𐌚 𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚 a 𐌚𐌚 a 𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚
𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚 es 𐌚𐌚𐌚 𐌚 𐌚
𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚
i 𐌚 𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚
𐌚𐌚𐌚med 𐌚𐌚

12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008 1009 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1020 1021 1022 1023 1024 1025 1026 1027 1028 1029 1030 1031 1032 1033 1034 1035 1036 1037 1038 1039 1040 1041 1042 1043 1044 10

[illegible][illegible]

Edl d3solt rh 002rs0a1 rh d d3rh003
rh 000ra nedl 000 000s000ed bsec0rh 0
l 000e0rh 0a 0e0s003d0l reaf d0rned 0
0d0d0l reaf d0rned0e0 0rh0l 00000000s
0d2b3cd0000ra d0rh0i o0s003d0l rea 0
f d0rned0e0 0000000setso1 03d0ree0a000
000s0 000t 0as0rh 00 00as000s00ed0t
30rh0 000ad0s ree00000e(0003rh 0
l ra d0rnda0rh 30ra 0d 0s0ad 000000re0d00
a0rh0h 00000a00 d0re0rh 00ra 0d0h) 0no l
0d0l 0t 0000s003d0l reaf d0rned0d00se
000s0h 30000e0 000a0l 000ed00d0rh0

[illegible]

☐ m ☐ a ☐ o ☐ n ☐ e ☐ d ☐ e ☐ s ☐ b ☐ a ☐ r ☐h ☐s ☐t ☐e ☐b ☐
☐ o ☐l ☐t ☐h ☐i ☐s ☐r ☐e ☐d ☐s ☐c ☐h ☐i ☐s ☐t ☐o ☐t ☐t ☐h ☐
☐d ☐e ☐e ☐d ☐m ☐s ☐a ☐d ☐i ☐n ☐s ☐o ☐n ☐e ☐t ☐o ☐t ☐d ☐i ☐n ☐t ☐

[illegible][illegible]



Evaluation of the preparation of the coronal part of the mesial canals of lower molars

SINAN A., GEORGELIN-GURGEL M., DIEMER F.

Faculté chirurgie
dentaire, Dpt odonto-
logie conservatrice
endodontie, Toulouse,
France.

Abstract

Canal entrances can be flared using specific, low speed, continuously rotating Ni-Ti instruments. Two such instruments were evaluated for their capacity to flare the canal entrance while respecting the initial canal axis. Lower molars ($n = 20$) with two distinct mesial canals were prepared to within 2.5 mm of the pulp chamber floor using Bramante's technique. Canal entrances were flared with a QUANTEC FLARE LX® or an ENDOFLARE®. They both had a 0.12 taper and a #25 tip diameter. The instruments were first inserted in the canals using an axial movement and then withdrawn with a selective circumferential brushing action. Photographs taken before and after each preparation were compared. No ledging or significant modification of the working length was noted. The centre of mass was displaced on average by 0.138 mm with no brushing action and 0.274 mm with brushing action. In most cases (87.5%), the centre of mass was displaced mesially. The two instruments behaved in an identical mode, both before ($p = 0.3497$) and after ($p = 0.9304$) the brushing action. Ni-Ti flaring instruments can be used to flare the canal entrance with little displacement of the initial canal axis, even when a brushing action is used.

Keywords :
Shaping
instrument,
flaring,
crown down

Résumé

Les entrées canalaire peuvent être évasées en utilisant des instruments en nickel-titane spécifiques, à rotation continue à faible vitesse. Une évaluation de deux de ces instruments a été menée sur leur capacité à évaser l'entrée canalaire, tout en respectant l'axe canalaire initial. Des molaires mandibulaires ($n = 20$) avec deux canaux mésiaux distincts ont été préparées jusqu'à 2,5mm du plancher de la chambre pulpaire, selon la technique de Bramante.

Les entrées canalaire ont été évasées avec un QUANTEC FLARE LX® ou un ENDOFLARE®. Ces deux instruments avaient une conicité de 0,12 et une extrémité de diamètre #25. Les instruments ont d'abord été insérés dans les canaux avec un mouvement axial puis retirés avec une action de brossage circonférentiel. Des photographies prises avant et après chaque préparation ont été comparées. Aucune modification significative de la longueur de travail n'a été remarquée. Le centre de l'entrée canalaire a été déplacé en moyenne de 0,138mm sans action de brossage et de 0,274 mm avec brossage. Dans la plupart des cas (87,5%), le centre de l'entrée canalaire a été déplacé mésialement. Les deux instruments ont fonctionné de la même façon, avant ($p = 0,3497$) et après ($p = 0,9304$) l'action de brossage. Les instruments d'évasement en Ni-Ti peuvent être utilisés pour évaser l'entrée canalaire avec un petit déplacement de l'axe canalaire initial, même en utilisant l'instrument en brossage.

Mots-clés :
Instrument de
façonnage,
évasement,
"crown-down"

Introduction

The canal orifice of adult teeth is often narrow and mineralised. In anterior teeth, this is mainly due to a simple narrowing of the canal. However, this phenomenon is more marked in the mesial canals of lower molars and the ves-

tibular canals of upper molars and may result in complications if the axis of the canal is curved (1).

This type of anatomy makes cleaning and shaping the canals of these teeth more diffi-

cult. Access is not always easy because of their position on the dental arch and/or restricted mouth opening. Mineralisations due to the presence of dentin on the canal walls cause distal interference, hamper the progression of the instrument down the canal, make negotiating curves more difficult, and increase the tendency to cause ledging. Mineralisations also have a tendency to accentuate canal narrowing, which can be a problem with first penetration files and instruments working the entire length of the canal.

Efficient cleaning of root canals also depends on the size of the canal orifice. With a narrow orifice, the irrigation needle cannot be inserted very deeply, resulting in restricted cleaning and insufficient debris removal (2). Enlarging the canal orifice at the beginning of the preparation makes it easier to insert the irrigation needle and creates a larger reservoir for the irrigation solution. Cleaning and disinfection are thus facilitated.

For all these reasons, coronal flaring is required. It is also preferable that it be done at the beginning of the preparation. A number of techniques have been described for flaring the canal opening and removing corono-radicular interferences (3, 4). However, care must be taken not to weaken the internal wall (5), and the instrument must remain centred in the canal.

With the generalisation of the crown down

technique, most sequences that use Ni-Ti with greater tapers take the flaring step into consideration (6). However, the tapers of the first files used in classic sequences to prepare the coronal third are insufficient in certain clinical cases. Specific instruments have thus been developed.

The purpose of this study was to evaluate two such instruments by assessing their capacity to respect the initial canal axis, especially when a circumferential brushing action is used to selectively flare the walls of the entrance of the root canal.

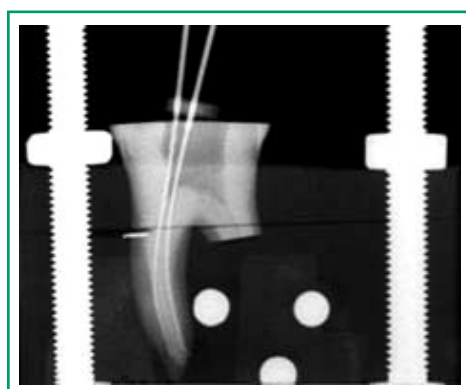
Materials and Methods

This study was conducted on the mesial roots of first mandibular molars. After extraction, the molars were stored in 3% formaldehyde. The distal root was sectioned, a coronal access cavity was prepared, and a No. 10 K file (MMC, Micro-Méga, Besançon, France) was inserted down to the apical foramen. Two X-rays were taken from two angles, one external and the other proximal. Twenty teeth with roots with completely separate canals in which the files could be inserted with ease along the entire length were selected. The average canal curvature was 49.5° while the average radius was 5.6 mm (7).

Before beginning the preparation, specimen was processed for evaluation using a modified Bramante's technique (8, 9), the roots were embedded in transparent resin to obtain a parallelepiped with 2 cm sides (model). Prior to sectioning the roots, two holes were drilled in the resin parallel to the main axis of the root. The embedded roots were sectioned 2.5 mm above the pulp chamber floor, perpendicular to the main canal axis. The two halves were then abutted and screwed together using the holes (figure 1).

The roots were divided into two homogeneous

Figure 1: X-ray of model. The root was embedded in transparent resin with three markers (for X-ray superposition) and was sectioned 2.5 mm above the pulp chamber floor. The two halves were then screwed together



groups based on canal length and curvature. The roots in the two groups were prepared using two different flaring instruments: Group A, ENDOFLARE® (Micro Méga, Besançon, France) and Group B, QUANTEC FLARE LX® (Analytic Endodontics, Glendora, CA, USA). Both instruments had a 0.12 taper and a #25 tip diameter. They were used in continuous rotation (ATR® Technika motor, Pistoia, Italy) at a speed of 340 rpm according to the manufacturers' instruction (340 rpm).

The canals were prepared in the following way (figure 2).

A No. 10 K file was inserted into the canal down to the apical limit. The penetration length was noted with respect to a marker on the crown. The screws were removed to separate the two halves and the canal was filled with

coloured paste, placed under a stereomicroscope (64 x magnification), and a digital photograph was taken (P0).

The model was screwed back together and the canal was prepared with one of the two flaring instruments, penetrating no further than 2 mm beyond the root section. The instrument was inserted to the desired penetration level using very short, in and out movements.

A K file was then reinserted down to the apical preparation limit and the penetration depth was noted. The screws were removed to separate the two halves and the canal was filled with coloured paste and photographs were taken as described above (P1). The model was screwed back together, the canal was prepared using a pronounced circumferential brushing action, and a third photograph was taken (P2). A 3.5° sodium hypochlorite irrigation solution was used throughout the canal preparation.

Markers were applied to the apical section of the root to make it easier to superpose the images in an image analyser software (Adobe Photoshop 7.0, Adobe Systems Inc, San Jose, CA, USA) (figure 1).

Several evaluation criteria were used :

Ledging: The operator noted the presence of ledges when the K file was inserted following the preparations with the flaring instruments.

Variations in working length: The working lengths were measured before and after each passage of the flaring instrument.

Shape of the root canal: The profile of the root canal was evaluated by superposing pre- and post-preparation photographs. They give different colored surface, red P0, yellow P1, green P2 (figure 3). For each one the center (center of mass) were identified and compared to reference center (on P0), using Adobe Photoshop software. This made it possible to

Figure 2: Preparation design

Sample preparation

- Preparing the coronal access cavity
- Sectioning the distal root
- Checking apical patency (No. 10 K file)
- Taking external and proximal X-rays: assessing canal curvature and radius
- Embedding in transparent resin
- Sectioning the mesial root 2.5 mm above the pulp chamber floor
- Screwing the two halves of the model together

Dispatching (2 homogeneous groups, n = 14)

- Group A = Endoflare® (Micro Mega)
- Group B = Quantec Flare LX® (Analytic Endodontics)

Recording the working length WL0 (No. 10 K file)

Digital photograph (P0) of the canal section filled with the first coloured paste

Flaring 1: In-and-out movement

- Group A = Endoflare® (Micro Mega)
- Group B = Quantec Flare LX® (Analytic Endodontics)

Verifying the working length WL1 (No. 10 K file)

Digital photograph (P1) of the canal section filled with the second coloured paste

Flaring 2: Brushing movement

- Group A = Endoflare® (Micro Mega)
- Group B = Quantec Flare LX® (Analytic Endodontics)

Verifying the working length WL2 (No. 10 K file)

Digital photograph (P2) of the canal section filled with the third coloured paste

Figure 3: Photograph of superpose image

A = Endoflare®, B = Quantec Flare LX®

- Red: canal without preparation
- Yellow: canal flared with in and out movement
- Green: canal flared with brushing action

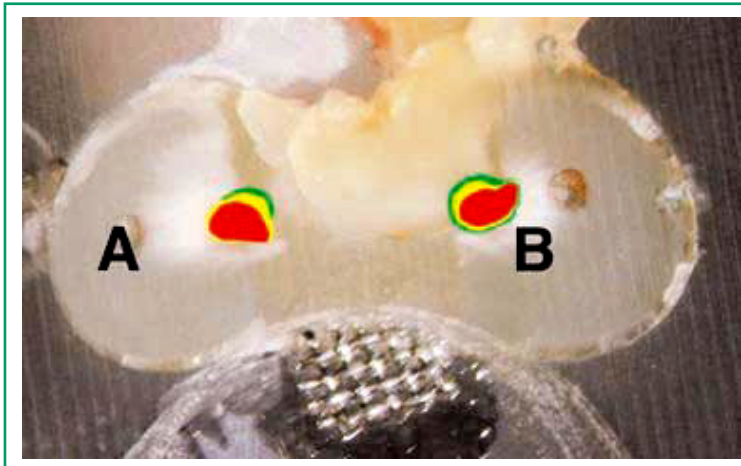


Table 1: Displacements of the centre of mass of the canal following coronal flaring

			F 1	F 2	Q 1	Q 2
Average Displacement (mm)			0.168	0.276	0.164	0.271
SD			0.089	0.160	0.067	0.128
Sector	Mesial-internal	%	50	57.1	35.7	42.9
		Average distance	0.187	0.209	0.18	0.238
	Mesial-external	%	50	35.7	42.9	28.6
		Average distance	0.142	0.244	0.173	0.208
	Distal-external	%	0	7.1	7.1	21.3
		Average distance		0.55	0.1	0.317
	Distal-internal	%	0	0	7.1	7.1
		Average distance			0.18	0.59

F: Endoflare®

Q: Quantec Flare LX®

1: Without circumferential brushing action

2: With circumferential brushing action

determine whether the centre of mass of the canal had been displaced (precision of 1/100 mm) and in which way.

Condition of the instrument: Each instrument was used to prepare three canals. A stereomicroscope (64 x magnification) was used to detect potential areas of fatigue (unwinding) and breakage.

The data were analysed using an equality of

variance test followed by Fisher's PLSD and Wilcoxon tests. All the statistical tests were interpreted at the 5% significance level.

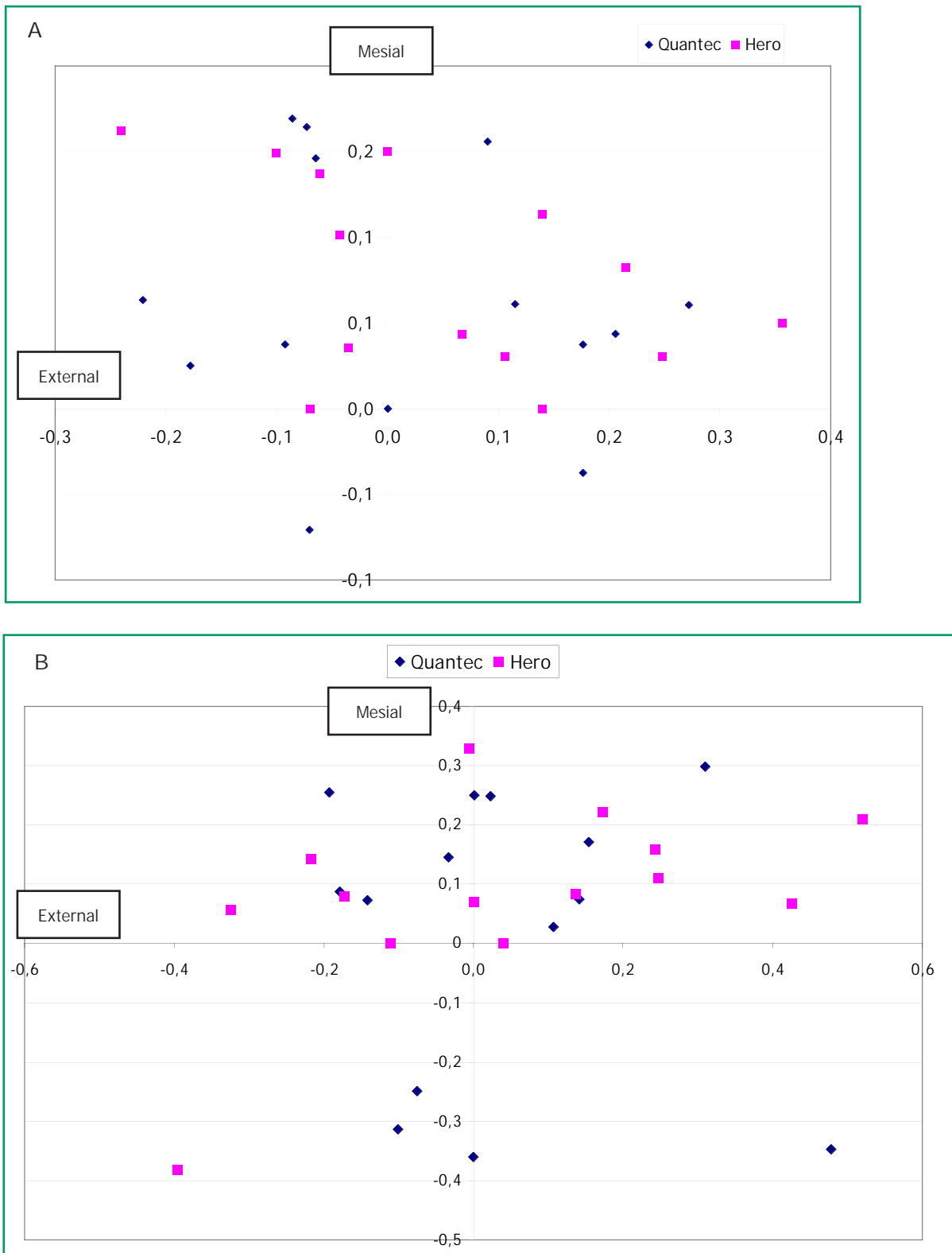
Results

No ledging was noted with either the Quantec or Micro-Mega instrument. The average working lengths of the canals in the two groups was 17.97 mm and no significant change in the working length was noted ($p = 0.8656$) after flaring. The flaring of the canals was regular. The instruments remained centred, even with a pronounced circumferential brushing action (figure 4, table 1). The centre of mass of the canal was only slightly displaced, 0.138 mm on average without brushing and 0.274 mm with circumferential brushing action (the data are expressed with two decimal points while the division giving rise to the means makes it possible to report them to three decimal points). The Quantec Flare LX in the mean displaced the centre of mass by 0.164 mm without brushing and by 0.271 with circumferential brushing action.

These values were not statistically significant (Wilcoxon test, $p = 0.0383$). The Endoflare generated similar means displacements of 0.168 mm and 0.276 mm respectively (table 1). None of these values were statistically significant (Wilcoxon test, $p = 0.0132$). The two instruments behaved in an identical mode both before ($p = 0.3497$) and after ($p = 0.9304$) the circumferential brushing. Table 1 shows the distribution of the displacements of the centre of mass of the canal following preparation by the flaring instruments as a function of four angular sectors (mesial/distal and internal/external). In most cases (87.5%), the displacement was mesial.

After preparing three canals, neither instrument showed any signs of macroscopically visible weakness, modification, or unwinding. In addition, no fractures in the active part were noted.

Figure 4: Centre of mass of the canal after flaring without (A) and with (B) circumferential brushing
The origin represents the initial position of the centre of mass of the canal



Discussion

Many studies have been conducted on Ni-Ti instruments and their use in preparing canals with low speed continuous rotation. Very few studies, however, have focused on the specific action of flaring instruments (10, 11, 12) despite the fact that they greatly increase operator comfort. They are integrated at the beginning of the preparation sequence and are used with the same hand-piece in a continuous rotation mode at low speed (13). Flaring instruments complement the other instruments in the sequence because of their cross-section and taper. In addition, they are short, which means they can be used to flare canal entrances even when the mouth opening is limited. The flaring instrument removes initial interferences, making it possible to insert the other instruments with ease.

This study compared two flaring instruments with different cross sections and pitch lengths but the same tapers (0.12), tip diameters (#25) and cutting portions (10 mm).

The principle of analysing root sections before and after preparation procedures was first described by BRAMANTE et al. (8) and has been used in numerous studies since. This technique makes it possible to measure the displacement of the centre of mass of the canal and the result of using circumferential brushing during the preparation.

The mesial canals of lower molars used in this study have a flattened transverse cross-section. Mineralisations in the form of dentinal spurs are also frequently present at the canal entrance. Coronal flaring is thus particularly indicated when preparing these canals. However, the distal wall is often thin at the furcation. There is also a risk of perforation during coronal flaring. This was evaluated by ISOM et al. (5) using Gates Glidden files. These instruments, especially when used in an anti-curvature fashion, have a tendency to weaken

the distal wall. We noted that the flaring instruments remained centred in the canal and that there was almost no displacement of the main axis. A circumferential brushing action, when applied uniformly to the canal walls, can be used to prepare a much greater canal surface and takes the flattened shape of certain canals into account. This technique also makes it possible to instrument selected parts of the canal wall. For example, when the mesial canals of lower molars are being prepared, dentinal spurs on the mesial wall can be removed by applying more pressure at this point. In fact, our study showed that most of the flaring occurs in the mesial sector. Canals can thus be prepared with minimal risk of weakening or perforating the distal wall. Our study also showed that the displacement of the centre of mass occurred at the expense of the internal wall 43% to 57% of the time. The flaring of the internal wall facilitates cleaning of the canal, which has a tendency to be flat and narrow in this area. Coronal flaring can be performed following the preparation of a straight line access (14).

Ledging is another iatrogenic risk associated with the use of rigid rotary instruments. However, there is little danger of deviation from the canal access or the creation of ledges with flaring instruments when the operating protocol is respected.

All the instruments were used at least three times and no breakage or unwinding of the active part was noted. Their resistance to breakage and unwinding is mainly due to their high taper and the fact that they are only used in the coronal area.

When coronal flaring was performed with a specific Ni-Ti instrument and the penetration depth was limited to the coronal one-third, there was no significant difference in the working length. However, SCHROEDER et al. (14) reported a slight decrease in working length for curved canals ($> 20^\circ$) when coronal

flaring was performed with straight line access. DAVIS et al. (10) also reported a decrease in working length when a complete sequence of Ni-Ti instruments was used. However, the decrease was most marked when the canal was prepared along its entire length. The difference in working length before and after coronal flaring was minimal.

Coronal flaring facilitates the insertion of other canal preparation instruments, minimizes the

deflection of the files at the first bend in the canal (15), and makes it easier to prepare the canal using the crown down technique (3). Removing coronal interferences with a flaring instrument makes it possible, during the initial preparation, to reach the apex with larger diameter instruments (12, 16). It also makes it easier to evaluate the initial apical diameter with greater precision and thus to determine the final canal diameter required to efficiently clean the canal.

References

- 1 - CHRISTIE WH., THOMPSON GK. The importance of endodontic access in locating maxillary and mandibular molar canals. *J. Can Dent. Assoc.* 1994; 60: 527-32, 535-536.
- 2 - CHOW TW. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J. Endod.* 1983; 9: 475-479.
- 3 - MARSHALL J, PAPPIN JB. A crown down pressureless preparation root canal enlargement technique. Technique Manual. *Oregon Health Sciences University, Portland, Oregon, 1980.*
- 4 - GOERIG AC, MICHELICH RJ, SCHULTZ HH. Instrumentation of root canals in molars using a step-down technique. *J. Endod.* 1982; 8: 550-554.
- 5 - ISOM T L, MARSHALL JG, BAUMGARTNER JC. Evaluation of root thickness in curved canals after flaring. *J. Endod.* 1995; 21: 368-371.
- 6 - WEINE FS. The use of non ISO-tapered instruments for canal flaring. *Compend Contin. Educ. Dent.* 1996; 17: 651-6, 658-60, 662-663.
- 7 - PRUETT JP, CLEMENT DJ, CARNES DL Jr. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *J. Endod.* 1997; 23: 77-85.
- 8 - WELLER RN, JURCAK JJ, DONLEY DL, KULILD JC. A new model system for measuring intracanal temperatures. *J. Endod.* 1991; 17: 491-494.
- 9 - BRAMANTE CM, BERBERT A, BORGES RP. A methodology for evaluation of root canal instrumentation. *J. Endod.* 1987; 13: 243-245.
- 10 - DAVIS RD, MARSHALL JG, BAUMGARTNER JC. Effect of early coronal flaring on working length change in curved canals using rotary nickel-titanium versus stainless steel instruments. *J. Endod.* 2002; 28: 438-442.
- 11 - BUSQUIM SS, DOS SANTOS M. Cervical shaping in curved root canals: comparison of the efficiency of two endodontic instruments. *Pesqui Odontol. Bras* 2002; 16: 327-331.
- 12 - CONTRERAS MA, ZINMAN E H, KAPLAN SK. Comparison of the first file that fits at the apex, before and after early flaring. *J. Endod.* 2002; 27: 113-116.
- 13 - BUCHANAM LS. The standardised-taper root canal preparation. Part 1. Concepts for variability tapered shaping instruments. *Int. Endod. J.* 2000; 33: 516-529.
- 14 - SCHROEDER KP, WALTON RE, RIVERA EM. Straight line access and coronal flaring: effect on canal length. *J. Endod.* 2002; 28: 474-476.
- 15 - WALTON RE. Access preparation and length determination. In WALTON R.E., TORABINEJAD M. Eds. Principles and practice of endodontics. 3rd Ed. Philadelphia: W B. Saunders, 2002; 186-206.
- 16 - TAN BT, MESSER HH. The effect of instrument type and preflaring on apical file size determination. *Int. Endod J.* 2002; 35: 752-758.

Sealer Penetration and Adaptation in the Dentinal Tubules: A Scanning Electron Microscopic Study

Eric Balguerie, DDS, Lucas van der Sluis, DDS, PhD, Karen Vallaey, DDS, MSc, Marie Gurgel-Georgelin, DDS, MSc, and Franck Diemer, DDS, MSc, PhD

Abstract

Introduction: Tubular penetration and adaptation of the sealer can determine the sealability of the root filling. The aim of this study was to assess, *in vitro*, the tubular adaptation and penetration depth and the adaptation to the root canal walls in the apical, middle, and coronal third of the root canal of 5 different sealers used in combination with softened gutta-percha cones.

Methods: Fifty-two single-rooted teeth were prepared and filled with 5 different sealers and softened gutta-percha cones. Thereafter, the roots were cross-sectioned and prepared for scanning electron microscopic evaluation. Adaptation of the sealer to the root canal and tubular walls and tubular penetration were assessed. **Results:** AH Plus (Dentsply De Trey, Konstanz, Germany), an epoxy resin sealer, showed the best tubular adaptation and penetration. **Conclusions:** The tubular penetration and adaptation varies with the different physical and chemical properties of the sealers used. AH Plus showed the most optimal tubular penetration and adaptation to the root canal wall of the sealers tested. (*J Endod* 2011;37:1576–1579)

Key Words

Adaptation, Herofill, root canal wall, sealers, tubular penetration

From the Department of Conservative Dentistry and Endodontics, Paul Sabatier University, Toulouse, France.

Address request for reprints to Dr Eric Balguerie, Université Paul Sabatier, Département d'Odontologie Conservatrice Endodontie, Faculté de Chirurgie Dentaire, 3 chemin des Maraîchers, 31062 Toulouse, Cedex 09 France. E-mail address: ericbalguerie@hotmail.fr

0099-2399/\$ - see front matter

Copyright © 2011 American Association of Endodontists. doi:10.1016/j.joen.2011.07.005

The main objective of a root canal filling is to seal the root canal system to prevent reinfection (1). Normally, a root canal filling is associated with a hard core, like gutta-percha, and a sealer to better adapt the root canal filling material and complete the seal of the root canal filling in the most effectual manner (2). Therefore, the sealer-root canal wall interface is crucial for the sealing of the root canal system (3–5). The sealer can fill the irregularities of the root canal wall and the dentinal tubules, which cannot be filled by gutta-percha.

Sealer penetration into the tubules could affect the seal of the root filling because an increase of the contact surface between filling material and dentin is related to an improvement of the sealability (6). Also, sealer penetration can promote an antimicrobial effect in the tubules, which increases when in closer contact with the microbes (1, 7). Furthermore, sealer penetration in *in vitro* models is comparable to *in vivo* (8, 9). Therefore, the aim of this study was to assess *in vitro* the tubular penetration depth in the apical, middle, and coronal third of 5 different sealers and their adaptation to the walls of the root canal and dentinal tubules in combination with a softened gutta-percha cone.

Materials and Methods

Fifty-two freshly extracted single-rooted permanent human teeth of similar size and root shape were selected and stored in a 3% formaldehyde solution. Therefore, this study was conducted in accordance with the ethical guidelines for medical research at the University of Toulouse and the Declaration of Helsinki. All the teeth had intact roots. Teeth with radicular resorption, immature apex, fracture, or an endodontic filling were rejected. The root surface was cleaned by an ultrasonic device (P-Max; Acteon, Merignac, France). The teeth were fixed on a Synea TA97 turbine (W&H, Eckbolsheim, France), and the crowns were sectioned at the cemento-enamel junction with a parallel chamfer diamond bur 014 (Stoner, Brent, Switzerland) mounted on a turbine under continuous water spray.

The working length (WL) is determined to be short 0.7 mm of the point where the K-file size 10 was first visible with a binocular at $\times 16$ magnification. The root canals were prepared with nickel-titanium rotary files (HeroShaper; Micro-Mega, Besançon, France) until file size 30 taper 0.04 at the WL. Between each instrument, the canal was irrigated with 2 mL 3% sodium-hypochlorite (NaOCl) solution with a syringe and a 27-G side-vented needle (Endoneedle G27; Elsodent, Cergy-Pontoise, France). At the end of the preparation, the canal was irrigated with 3 mL 15% EDTA (Largal Ultra; Septodont, Saint Maur, France) for 3 minutes (10–12). The final rinse was performed with 5 mL 3% NaOCl (10–12). Then, the canal was dried with a sterile paper point size 30, taper 0.02 (Pierre Rolland, Merignac, France).

The specimens were randomly divided into 5 groups ($n = 10$) and filled with 5 different sealers (Table 1). The sealers are mixed according to the manufacturers' recommendations. The sealers were placed in the root canals with a K-file size 15 (Micro-Mega) placed at the WL in a counter-clockwise motion. Thereafter, a hot gutta-percha carrier HeroFill n°30 (Micro-Mega) was placed in the root canal following the recommendations of the manufacturer. Two teeth were not filled and served as the control group to verify the absence of smear layer on the dentinal walls. The coronal part of the root canal was filled with Cavit (3M ESPE, Seefeld, Germany). The samples

were then stored at 37°C and 100% humidity for 2 weeks, allowing complete setting of the sealers (13).

The roots were embedded in resin (Synolite 0328-A1; Gaches Chimie, Toulouse, France). Thereafter, the samples were transversely sectioned at 2, 5, and 8 mm from the WL with a diamond wire saw (Well 3241; Well Dental Laboratory Company, Hong Kong, Hong Kong). To remove the (in)organic debris, the specimens were cleaned in a bath with 15% EDTA for 2 minutes and then 3% NaOCl for 2 minutes. The samples were dehydrated in an evaporator (Boc Edwards, West Sussex, UK) for 4 hours.

The specimens were mounted on a tub and cold sputtered (Sputter Coater S-150-B, Boc Edwards). The specimens were observed in a scanning electron microscope (JEOL JSM-840A; JEOL, Tokyo, Japan), and of each specimen one photomicrograph most representative of the section was taken from root-sealer interface at a magnification between 500× and 1,500×. On each of these photomicrographs, the minimum and maximum depth of sealer penetration in the tubules was measured.

Mean scores per tooth and tooth level were used for further calculations and comparisons using analysis of variance and Fisher's protected least significant difference (PLSD) (Statview 5.0.1; SAS Institute Inc, Cary, NC). The Fisher's PLSD test was used to compare the penetration depth between the different sealers and the 3 levels. The *P* value was set at .05.

The sealer adaptation to the root canal wall or the tubules was described as follows:

1. *Good*: The majority of the sections showed no gaps between the sealer and dentin.
2. *Reasonable*: The majority of the sections showed some small gaps (<1 μm) between the sealer and dentin.
3. *Poor*: The majority of the sections showed many gaps (between 1 and 10 μm) between the sealer and dentin.
4. *No adaptation*: The majority of the sections showed no adaptation between the sealer and dentin (gaps >10 μm).

All the images were analyzed by 2 calibrated independent observers who were both blinded. The percentage of interagreement should be more than 95%; if this percentage was lower than 95%, a consensus should be reached.

Results

The results are shown in Tables 1 and 2 and Figure 1. For the image analysis of the sealer adaptation, the interobserver agreement was high (kappa coefficient = 0.91). In case of a disagreement, an agreement was reached after discussion.

Discussion

AH Plus scores the best for adaptation to the root canal wall, tubular penetration, and adaptation to the peritubular dentine directly followed by Acroseal (Septodont, Saint-Maur, France). Both are epoxy resin sealers. The findings for AH Plus are supported by other studies (14, 15). Epoxy resins sealers like AH Plus are also correlated with a higher adhesion to dentin and gutta-percha (16). The good penetration, adaptation, and adhesion properties will have 2 positive effects, in the first place on sealing because of the increased surface contact between sealer and dentin (6) and second on the antimicrobial effect by locking the residual microorganism in the dentinal tubules (17, 18).

The sealer penetration depth in the dentinal tubules depends on many factors like smear layer removal (19), dentinal permeability (the number and the diameter of tubules), root canal dimension, and the physical and chemical properties of the sealer (20–22). The flow is one of the main chemical/physical factors to influence the

TABLE 1. Adaptation to the Root Canal Wall and Tubules, Structure, and Mean Tubular Penetration of the 5 Sealers

Groups	Sealer type	Sealer name	Adaptation root canal	Adaptation tubules	Sealer structure	Tubular penetration: minimal/mean/maximal (μm)		
						WL-8 mm	WL-5mm	WL-2mm
1	Calcium hydroxide epoxy resin	Acroseal	Good	Good	Homogeneous	23/90.3/157	16/84.3/240	0/0/0
2	Zinc oxide eugenol	Endobond	Reasonable	Reasonable	Homogeneous	12/40.2/153	8/37.6/115	0/0/0
3	Glass ionomer	Ketac-Endo	Poor	No adaptation	Not homogeneous	0/0/0	0/0/0	0/0/0
4	Epoxy resin	AH Plus	Good	Good	Homogeneous	14/62.5/122	16/53.3/132	0/22.3/36
5	Silicon	RSA	Reasonable	Poor	Granular (wall tubules)	13/22.7/28	12/23.4/40	0/0/0

TABLE 2. The Fisher's PLSD Test Shows the Differences in Tubular Penetration in the Different Sections

	Apical	Middle	Coronal
Endobtur vs AH Plus	S	NS	S
Endobtur vs RSA	/	NS	NS
Endobtur vs Acroseal	/	NS	S
Endobtur vs Kétac-Endo	/	NS	NS
AH Plus vs RSA	S	NS	S
AH Plus vs Acroseal	S	NS	NS
AH Plus vs Kétac-Endo	S	S	S
RSA vs Acroseal	/	S	S
RSA vs Kétac-Endo	/	NS	NS
Acroseal vs Kétac-Endo	/	S	S

/, no tubular penetration; NS, not significant; S, significant

tubular penetration and is defined as the ability of a sealer to penetrate in irregularities, lateral canals, or dentinal tubules of the root canal system (23). The flow is determined by the consistency, particle size, shear rate, temperature, time, internal diameter of the root canal, and the rate of insertion (22). Of these factors, the particle size and consistency of the sealers were typical for the sealers used and therefore not standardized during the experiments. Other studies have shown that the flow of AH 26 (Dentsply De Trey) and AH Plus is significantly higher than other sealers tested (17, 23).

The observation of the interface sealer/dentin by scanning electron microscopy can be done with longitudinal or cross-sectional sections. The direction of the tubules is mostly perpendicular to the root canal wall. The chance to obtain a section longitudinal of the tubule is even for both cutting directions (24). In most studies, longitudinal sections are made, especially when the coronal or middle part of the root canal is evaluated or when the location of the evaluation is not mentioned (8, 19, 25, 26). However, for thin or curved roots, this could create problems in the apical root canal; therefore, we used cross-sectional sections.

After the cutting of the roots, the specimens were cleaned in a bath filled with EDTA 15% and NaOCl 3% to remove the smear layer produced by the sectioning, notwithstanding a continuous flow of water on the diamond wire saw. This procedure could influence the sealer adaptation in the tubules facing the cutting surface and the dimension of the tubule opening. However, this should be the same for all the groups.

The penetration in the dentinal tubules was significantly greater in the coronal and middle of the root canal than the apical part of the root canal ($P < 0.0416$) except for Endobtur (Septodont, $P > 0.0554$). This is supported by other studies (21, 27). This could be because of the fact that the apical root canal contains less tubules, and when present, the diameter is smaller or they are more often closed (8, 28, 29). Furthermore, the apical portion of roots shows a pronounced variation in structure (29). For example, primary dentinal tubules

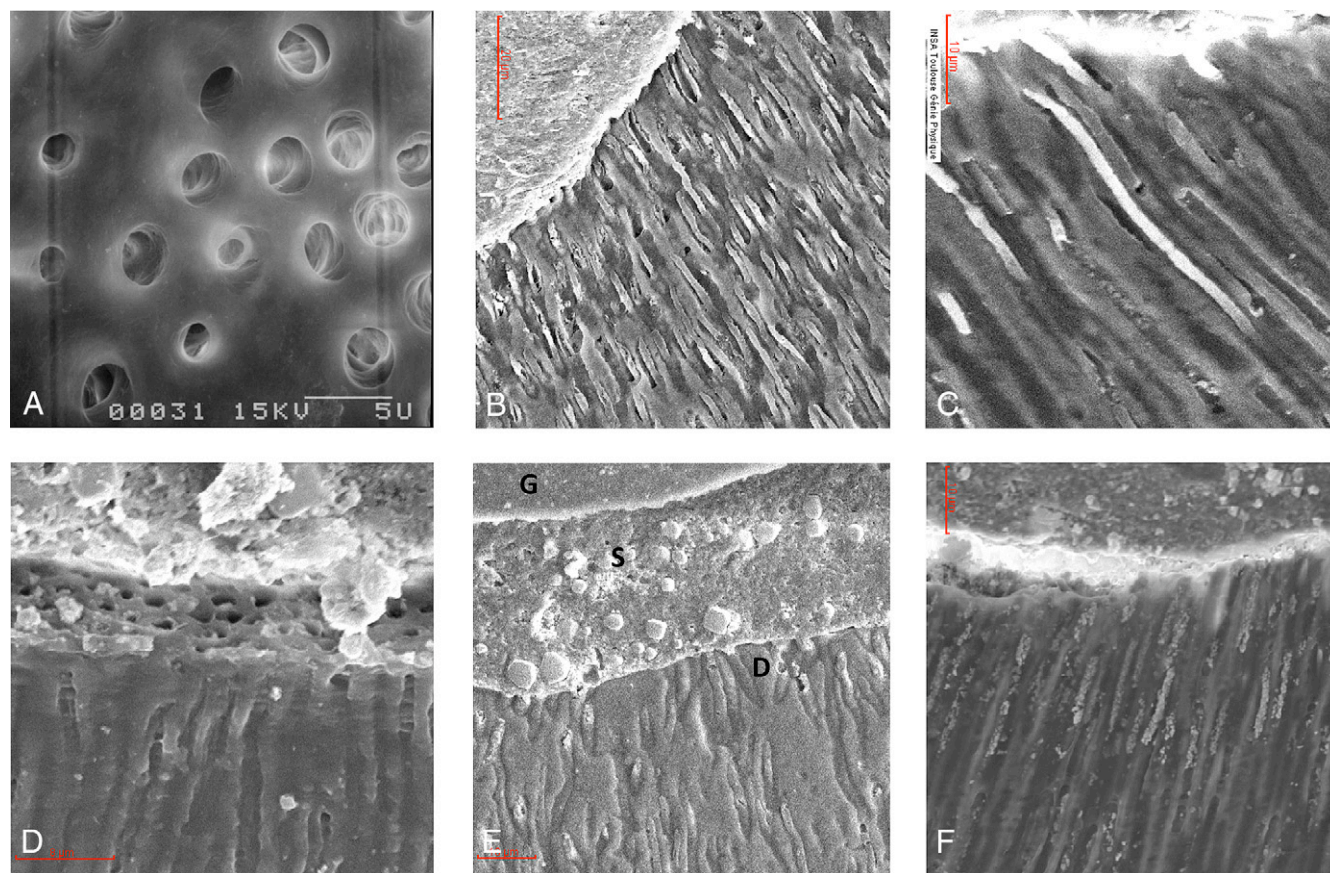


Figure 1. The scanning electron microscopic images show the interface of the dentin with different sealers. (A) The control group in the coronal part; the tubules are open, and their mean diameter is $3 \mu\text{m}$ ($3,800\times$). (B) The interface of Acroseal in the middle part of the root canal wall. The tubules are filled with sealer ($750\times$). (C) The interface of Endobtur and the root canal wall in the coronal third ($1,300\times$). (D) The structure of Ketac-Endo (3M ESPE, Seefeld, Germany) is heterogenic and does not penetrate in the tubules. Gaps between the filling material and the root canal wall are frequently seen ($1,800\times$). (E) AH Plus is very well adapted to the root canal wall and peritubular dentin. No gaps are seen between the gutta-percha (G) and sealer (S) or sealer (D) and root canal wall ($850\times$). (F) The structure of RSA was granular. It is unable to completely fill the dentinal tubules ($1,000\times$).

are irregular in direction and density; some areas are devoid of tubules. Also, cementum-like tissue can line the apical root canal wall, occluding any tubules. In this study, none of the sealers penetrated in the apical root canal with the exception of 2 samples from the AH group.

In this study, the results for RSA (Roeko Dental Product, Langenau, Germany) were worse than in another study (27), which can be related to the filling technique used. We used a warm technique, and the manufacturer advises to use cold filling techniques in combination with RSA. An increase in temperature can cause clustering of the sealer and could explain less tubular penetration and the granular aspect (30).

Conclusion

The tubular penetration depth varies with the different physical and chemical properties of the sealers used. AH Plus showed the most optimal tubular penetration and adaption to the root canal wall of the sealers tested. The sealer penetration depth in the apical root canal is less because of the different properties of the apical root canal.

Acknowledgments

The authors deny any conflicts of interest related to this study.

References

1. Sjögren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J* 1997;30:297–306.
2. Evans JT, Simon JHS. Evaluation of the apical seal produced by injected thermoplasticized gutta-percha in the absence of smear layer and root canal sealer. *J Endod* 1986;12:101–7.
3. Wu MK, Özok AR, Wesselink PR. Sealer distribution in root canals obturated by three techniques. *Int Endod J* 2000;33:340–5.
4. Wu MK, Fan B, Wesselink PR. Diminished leakage along root canals filled with gutta-percha without sealer over time: a laboratory study. *Int Endod J* 2000;33:121–5.
5. Hata G, Kawazoe S, Toda T, Weine F. Sealing ability of Thermafill with and without sealer. *J Endod* 1992;18:322–6.
6. Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR. Effect of tubule orientation in the cavity wall on the seal of dental filling materials: an in vitro study. *Int Endod J* 1998;31:326–32.
7. Heling I, Chandler NP. The antimicrobial effect within dentinal tubules of four canal sealers. *J Endod* 1996;22:257–9.
8. Vassiliadis LP, Sklavounos SA, Stavrianos CK. Depth of penetration appearance of Grossman sealer in the dentinal tubules: an in vivo study. *J Endod* 1994;20:373–6.
9. Mamootil K, Messer HH. Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. *Int Endod J* 2007;40:873–81.
10. Niu W, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions. *Int Endod J* 2002;35:934–9.
11. Teixeira CS, Felipe MCS, Felipe WT. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. *Int Endod J* 2005;38:285–90.
12. Yamada RS, Armas A, Goldman M, Sun Lin P. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: part 3. *J Endod* 1983;9:137–42.
13. Allan NA, Walton RE, Schaffer M. Setting times for endodontic sealers under clinical usage and in-vitro conditions. *J Endod* 2001;6:421–3.
14. Sen BH, Piskin B, Baran N. The effect of tubular penetration of root canal sealers on dye microleakage. *Int Endod J* 1996;29:23–8.
15. Kokkas A, Boutsikouk A, Vassiliadis L, Stavrianos CK. Stereomicroscopic and scanning electron microscopic study of roots obturated with vertically condensed gutta-percha, epoxy resin cement, and dentin bonding agent. *J Endod* 2004;30:100–2.
16. Lee KW, Williams MC, Camps JJ, Pashley DH. Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. *J Endod* 2002;28:684–8.
17. Siqueira JF, Favieri A, Gahyva SMM, Moraes SR, Lima KC, Lopes HP. Antimicrobial activity of flow rate of newer and established root canal sealers. *J Endod* 2000;28:274–7.
18. Peters LB, Van Winkelhoff AJ, Buijs JF, Wesselink PR. Effects of instrumentation, irrigation and dressing with calcium hydroxide on infection in pulpless teeth with peri-apical bone lesions. *Int Endod J* 2002;35:13–21.
19. De Deus GA, Gurgel-Filho ED, Maniglia-Ferreira C, Coutinho-Filho T. Intratubular penetration of root canal sealers. *Pesq Odontol Bras* 2002;16:332–6.
20. De Deus GA, Gurgel-Filho ED, Maniglia-Ferreira C, Coutinho-Filho T. The influence of filling technique on depth of tubule penetration by root canal sealer: a study using light microscopy and digital image processing. *Aust Endod J* 2004;30:23–8.
21. Weis MV, Parashos P, Messer HH. Effect of obturation technique on sealer cement thickness and dentinal tubule penetration. *Int Endod J* 2004;37:653–63.
22. Ørstavik D. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endod Topics* 2005;12:25–38.
23. Bernardes AR, de Amorim Campelo A, Silva S, et al. Evaluation of the flow rate of 3 endodontic sealers: sealer 26, AH Plus and MTA obtura. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;109:47–9.
24. Kaqueler JC, Decombas M, Le May O. Structures bucco-dentaires en microscopie électronique à balayage. Masson: Paris; 1989:39–76.
25. Calt S, Serper A. Dentinal tubule penetration of root canal sealers after root canal dressing with calcium hydroxide. *J Endod* 1999;25:431–3.
26. Katoaka H, Yoshioka T, Suda H, Imai Y. Dentin bonding and sealing ability of a new root canal sealer. *J Endod* 2000;26:230–5.
27. Sevimay S, Dalat D. Evaluation of penetration and adaptation of three different sealers: a SEM study. *J Oral Rehab* 2003;30:951–5.
28. Carrigan PJ, Morse DR, Furst ML, Sinai IH. A scanning electron microscopic evaluation of human dentinal tubules according to age and location. *J Endod* 1984;10:359–63.
29. Mjör IA, Smith MR, Ferrari M, Mannoci F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. *Int Endod J* 2001;34:346–53.
30. Wu MK, van der Sluis LW, Ardila CN, Wesselink PR. Fluid movement around the coronal two-third of root fillings placed by three different gutta-percha techniques. *Int Endod* 2003;36:533–40.

Dans le service d'odontologie du Centre Hospitalier Universitaire de Toulouse les patients présentant une pulpopathie consultent spontanément le service et sont pris en charge dans le cadre de la formation initiale des étudiants. Les patients peuvent aussi être référés par des praticiens de ville ou par d'autres services hospitaliers et sont alors pris en charge soit par des praticiens experts en endodontie ou des étudiants en formation continue. Dans tous les cas, le traitement endodontique engagé doit apporter au patient un bénéfice par rapport à la situation initiale en limitant les risques de comorbidité et les risques d'échecs. La lésion inflammatoire périapicale d'origine endodontique a une étiologie bactérienne et elle est, en terme de prévalence, très fréquemment associée au traitement endodontique. L'apparition, la persistance ou l'accroissement de cette lésion inflammatoire est consécutif à une exposition à un facteur favorisant ou risque et signe l'échec du traitement. Ce travail rassemble les données bibliographiques qui justifient qu'une attention particulière soit apportée au risque d'échec en endodontie. Deux études de recherche clinique et trois études expérimentales ont été développées dans ce cadre pour limiter le risque d'échec et sont intégrées dans cette synthèse qui établit un descriptif détaillé des risques d'échecs lié au traitement endodontique en fonction du patient, de l'opérateur et du geste.

L'état général et les conditions bucco-dentaires du patient permettent de poser les indications du geste endodontique et les modalités de prise en charge. Les compétences de l'opérateur et le respect des procédures centré sur la désinfection et l'étanchéité sont les garants d'un traitement de qualité.

Mots clés : Traitement endodontique ; Echecs endodontiques ; Lésion inflammatoire périapicale d'origine endodontique ; Facteurs favorisant.

Title: To limit the endodontic treatment' risks of failure at the Toulouse Dental University Hospital.

Keys words : Endodontic treatment ; endodontic failure ; periapical disease ; factors influencing outcome.

Laboratoire EA 3847 De l'université d'Auvergne dirigé par le Pr Martine Hennequin
